鉱山における粉じん濃度測定
マニュアル

平成１７年７月

は　じ　め　に

我が国の鉱山における粉じん対策については、これまで鉱山保安法に基づき、さく岩機の湿式化(1952 年）、散水及び防じんマスクの使用(1979 年）、坑外の屋内作業場の粉じん濃度の測定(1981 年)、金属鉱山(1988 年)及び石炭鉱山(1991 年)の坑内作業場の粉じん濃度の測定、坑外の屋内作業場の粉じん濃度の測定結果の評価基準の設定及び改善措置(1992 年)等が義務付けられてきましたが、坑内作業場の測定結果の評価及び改善措置については、坑内の作業環境が日々変化する等の理由から、測定データの信頼性に問題があるとして、鉱山保安規則において義務づけはなされていませんでした。

しかしながら、近時、粉じん測定機器の精度が向上してきたことに加え、昨今の鉱山における粉じん対策を巡る議論の経緯を踏まえ、坑内作業場の粉じん濃度の測定方法、測定結果の評価及び改善措置について検討する時期にあったことから、２００４年に原子力安全・保安院長の私的検討会「坑内における粉じん濃度の測定結果の評価等に係る検討会」を設置し、坑内作業場の粉じん濃度の測定結果の評価及び改善措置等を検討して参りました。

この結果、坑内作業場においても、坑外の屋内作業場と同様の方法により測定結果の評価を行うこと及び評価結果に基づく粉じん濃度の改善を図るための努力を義務づけることとされ、今般、鉱山保安法施行規則の一部改正（平成１７年４月１日施行）がなされたところです。

なお、粉じん濃度の測定方法については、従来、「鉱山における粉じん濃度の測定要領（平成４年９月立地公害局通達４立局第３１９号）」及び鉱業労働災害防止協会編集の「鉱山における粉じん濃度測定マニュアル（案）（平成７年３月）」に基づき対応してきましたが、この度の、坑内における粉じん濃度の測定結果の評価等に係る検討会における議論を踏まえて、これらの内容を全面的に見直した上で、最新の技術的知見を盛り込んだ「鉱山における粉じん濃度測定マニュアル」を策定いたしました。

今後、本書が関係者においてさらに検討され、鉱山における粉じん濃度測定の的確な実施が図られ、作業環境の一層の改善、向上に役立つことになるよう念願する次第であります。

２００５年7月

経済産業省原子力安全・保安院

鉱山保安課

目　　次

はじめに
Ⅰ　総　論
　１．　序　論‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０１
　２．　作業環境管理と管理の基本方式‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０１

Ⅱ　粉じん濃度測定
１．　粉じん濃度測定の目的と測定対象の粉じん‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０３
　１．１　粉じん濃度測定の目的‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０３
　１．２　測定対象粉じん（吸入性粉じん）‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０３
２．　測定計画の立案‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０４
３．　粉じん濃度測定器の概要‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０５
　３．１　質量濃度測定器‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０５
　　３．１．１　ローボリュウムサンプラー‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０６
　　３．１．１．１　慣性衝突式分粒装置‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０６
　　３．１．１．２　多段分粒装置（Ｃ－３０型）‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０７
　　３．１．１．３　本質安全防爆型質量濃度粉じん計
　　（ＬＶ－５Ｅ）‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥０８
　　３．１．２　ハイボリュウムサンプラー‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１０
　　３．１．３　個人サンプラー‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１１
　３．２　相対濃度測定器‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１３
　　３．２．１　デジタル粉じん計（ＬＤ－３Ｋ２型）‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１３
　　３．２．２　本質安全防爆型相対濃度粉じん計（ＬＤ－１Ｅ）‥‥‥１５
　　３．２．３　個人曝露測定用携帯型デジタル粉じん計
　　（ＰＤＳ－２型）‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１７
４．　測定前の準備‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１８
　４．１　粉じん測定用フィルター‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１８
　　４．１．１　フィルターの捕集原理と条件‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１８
　　４．１．２　フィルターの種類‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１８
　４．２　天秤の種類とその取扱い方法‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥１９
　　４．２．１　天秤の種類‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥２０
　　４．２．２　電子天秤の原理と取扱い方‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥２０
　　４．２．３　天秤選択時の注意‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥２７
　　４．２．４　ろ紙の秤量方法‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥２７
　４．３　粉じん濃度測定の概要及び準備‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥２７
　　４．３．１　粉じん濃度測定作業のフローチャート‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥２７
　　４．３．２　測定前の測定機器等の準備‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥２８
５．　測定設計（デザイン）‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥３２
　５．１　単位作業場所の設定‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥３２
　　５．１．１　単位作業場所の範囲‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥３２
　　５．１．２　単位作業場所の設定‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥３３

５．２　測定点の設定……３５
５．２．１　坑外作業環境における測定点の設定……３６
５．２．２　坑内作業環境における測定点の設定……３９
５．３　測定日及び測定時間の設定……４０
５．４　デザインに関する注意事項……４０
５．５　測定機器のセットの仕方……４０
６．　測定方法（サンプリング）……４２
６．１　Ａ測定……４２
６．２　Ｂ測定……４６
６．２．１　Ｂ測定の測定方法……４６
６．３　測定時の注意事項……４６
６．３．１　測定中の注意事項……４６
６．３．２　併行測定の際の注意事項……４８
７．　測定後の処理及び注意事項……４９
７．１　フィルタの秤量……４９
７．２　測定機器の手入れ……４９
７．３　相対濃度粉じん計の較正……４９
７．４　測定データの整理……４９
８．　遊離けい酸含有率の測定……５４
８．１　遊離けい酸……５４
８．２　遊離けい酸の採取……５４
８．３　分粒特性の変更に伴う措置……５５
８．４　Ｑ値が明らかな場合……５５
９．　その他の測定……５５
９．１　個人サンプラーによる測定……５５
９．２　法定測定の間における補完測定……５６

Ⅲ　粉じん濃度の求め方及び測定結果の評価法……５８
１．　質量濃度粉じん計による測定値計算法……５８
１．１　幾何平均値及び幾何標準偏差の求め方……５８
１．１．１　２日間測定の場合……５８
１．１．２　１日測定の場合……５９
２．　相対濃度粉じん計による測定値計算法……６０
２．１　質量濃度変換係数（Ｋ値）の求め方……６０
２．１．１　併行測定による方法……６０
２．１．２　代表単位作業場よりＫ値を求める方法……６３
２．２　相対濃度からの幾何平均値及び幾何標準偏差の求め方……６５
２．２．１　相対濃度からの幾何平均値の求め方……６５
２．２．２　相対濃度からの幾何標準偏差の求め方……６６
３．　測定結果からの評価法……６７
３．１　評価法の概要……６７
３．２　管理区分について……６７
３．３　管理区分の決定手順……７０
３．４　管理濃度……７２

３．５測定結果の計算及び評価例‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥７４
３．６　評価からの対策‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥７５
　３．６．１　対策‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥７５
　３．６．２　鉱業権者が行う措置‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥７６
　３．６．３　粉じん防止対策‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥７９
　　３．６．３．１　粉じん発生源の抑制手法‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥７９
　　３．６．３．２　浮遊粉じんの抑制法‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥８０

参考資料
　防じんマスク‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥８２

Ⅰ　総　　論

１．序　論

作業環境を汚染する有害物や騒音・振動等に起因する障害から作業者を保護することを目的とした労働衛生管理には、

(1)有害要因の発生を防ぎ、作業者にとって望ましい作業環境を作るための作業環境管理

(2)作業の安全を図り危険要因の除去・改善のための作業管理

(3)作業者の健康状態を把握し、作業の円滑化を確保する健康管理

等がある。

このうち作業環境管理は、作業場における有害汚染物の状況を的確に把握し、作業者をそれらによる直接被害から守るための「量」の測定が基本になる。有害汚染物が粉じんの場合は、吸入による呼吸器障害と粉じん爆発の防止を主対象とした計測が必要である。

本マニュアルは、作業者の粉じん吸入による呼吸器障害、じん肺防止をその主目標としたもので、吸入性粉じんの測定実施に必要な計画、準備等の設計（デザイン）、測定機器に関する知識と取扱い方法、測定のための手法（サンプリング）、測定結果の整理・評価手法等を包含している。

一方、これらの方法、手法は労働安全衛生法、同規則等に準拠してはいるが、鉱山の作業環境管理という観点に立ち、作業システム、環境条件、作業環境構造などを考慮し、「工学」 の立場に立った手法も取り入れている。

なお記述中、吸入性粉じん量を表す用語として、「濃度」又は「質量濃度」を、また単位量として［ mg/m³ ］ 等を用いている。

２．作業環境管理と管理の基本方式

この目的は、作業環境条件の正確な情報を把握するために一定の手法を適用して測定・評価し、その評価に応じて対策を行うことにある。

測定と評価及び管理の指針は、管理の対象となる区域に分割して、これを「単位作業場所」とし、有害汚染物（以下「浮遊粉じん」又は「粉じん」という。）が当該場所の作業者に与える影響を、測定によって周知する方法（「場の測定」又は「場の管理」）と作業者個人の粉じん暴露濃度の測定により周知する方法がある。

両方式にはそれぞれ一長一短があるが、対象とする粉じんは両方式とも指

定された「吸入性粉じん」（Ⅱ－１．２参照）であり、特に粉じん中の遊離けい酸含有量を中心に有害性を評価するのが一般的である。

我が国では、作業場における粉じんの挙動や、それに伴う作業者への影響度合を予見し、併せて作業環境改善点を摘出し易いといわれている「場の測定」方式を採用している。

場の測定は、次の２測定方法からなる。

１）　Ａ測定：定められたデザインにより選定された単位作業場内の測定点（複数）を、定められた測定器を用いて計測し、幾何平均粉じん濃度と測定値の幾何標準偏差を求める方式。
この方式は、粉じんが定常的に単位作業場内に存在する場合の測定評価に用いられる。（Ⅱ－６．１参照）

２）　Ｂ測定：Ａ測定とは別に、生産工程、作業様式及び有害物の発散状況等から判断して、労働者が最も大きな暴露を受ける危険性が高いと判断される場所における気中濃度測定である。（Ⅱ－６．２参照）

場の管理においては、管理の目標とすべき粉じん濃度が設定される。これを「管理濃度」といい、設定値は粉じんの遊離けい酸量が基準になる。（Ⅲ３．４参照）また、単位作業場における粉じんの幾何平均値と測定値の幾何標準偏差を求め、これを統計学的に処理して得た値と、管理目標値（管理濃度）と対比することによって現場の管理状態を評価し、改善の指針が与えられることになる。

Ⅱ　粉じん濃度測定

１．粉じん濃度測定の目的と測定対象の粉じん

1.1　粉じん濃度測定の目的

作業環境中の粉じん濃度状況を把握し、作業者の健康障害予防のため、目的に応じて行われる次のような測定がある。

(1)「鉱山保安法施行規則」に定められた測定

測定値は所定の方式によって処理され、管理濃度（Ⅲ－３．４参照）との関連によって現状の環境を評価する。

(2)粉じんの個人暴露濃度の測定

測定結果は粉じん許容濃度と比較評価する。これは作業者個人の健康障害度を疫学的見地から評価するもので、その測定義務は定められていない。しかし、作業者への直接的粉じんの影響度を知るための測定法の一つである。(本マニュアルからは除かれている。)

(3)その他の測定

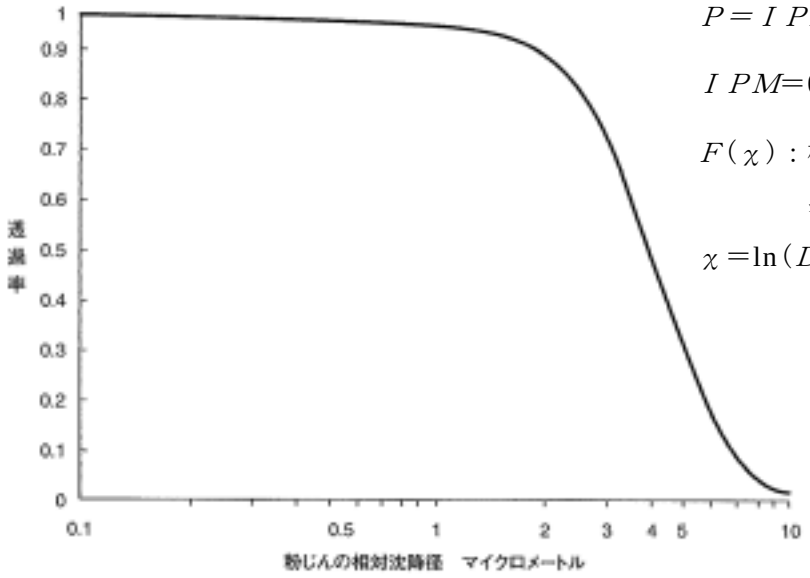
本マニュアルにおいては、個人サンプラーによる測定、６ヶ月以内ごとに実施される法定の測定を補完するための測定、及び粉じん対策の効果を確認するための測定について解説している。

1.2　測定対象粉じん（吸入性粉じん）

浮遊粉じんのうち、呼吸器奥部の肺胞まで侵入し、そこに沈着してじん肺を引き起こす危険度の高い粉じんを「吸入性粉じん（Respirabl dust)」という。作業環境管理では、このような粉じんの測定が主対象になる。また、粉じん測定においては、浮遊粉じんからこのような粉じんが選択的に捕集できるような装置（分粒装置）を通過させ捕集することが肝要である。

粉じん濃度測定の対象である吸入性粉じんを測定する為の分粒装置の分粒基準は、１９９３年欧州規格委員会（ＣＥＮ）により採択され、欧州１８カ国で欧州基準として認められた「粒子状物質サンプリングのための分粒装置」基準「４μｍ５０％ｃｕｔ」（４μｍの粒子の捕集効率が５０％である分粒装置の基準。）である。１９９３年米国のＡＣＧＩＨ（米国産業衛生専門会議）がこの基準に合わせて自国の基準を変更した。我が国でも平成１６年１０月１日粉じん測定に係る厚生労働省告示が改正され、また平成１７年３月１５日「鉱山保安法施行規則に基づき経済産業大臣が定める基準等」経済産業省告示が出され、この分粒特性基準が平成１７年４月１日から用いら

れるようになった。（図１参照）



$P = IPM \cdot \{1 - F(\chi)\}$

$IPM = 0.5\{1 + \exp(-0.06D)\}$

$F(\chi)$：標準偏差χに対する累積度数分布

$\chi = \ln(D/\Gamma) / \ln(\Sigma)$

備考　この図において、P、D、Γ及びΣは、それぞれ次の値を表すものとする。

P　透過率

D　粉じんの相対沈降径（単位　マイクロメートル）

Γ　4.25 マイクロメートル

Σ　1.5

図１　分粒装置の分粒特性

２．測定計画の立案

測定は６ヶ月以内ごとに１回、定期的に行わなければならない。その時期を何時にするかを決定することが、場の測定により環境評価を行う際の基本の一つになる。時期決定にあたっての基準事項は、一般的表現によれば「環境や作業が定常状態になったとき」であるが、鉱山作業では作業状態や通気条件の変化によって粉じん量が大きく変動するので、年間生産計画、作業サイクル、採掘計画、採掘対象岩石や鉱物の性状などを把握しておかなければならない。

一方、測定すべき作業場の範囲を決める。すなわち、単位作業場所の設定である。詳細は後述（Ⅱ－５参照）するが、定常的に同じ種類の作業が行われる範囲で、かつ作業者の大部分が３０分間以上にわたって作業を継続する場所に設定することが基本である。

６ヶ月以内であっても、採掘等の進展に伴って単位作業場所は移動し、操業形態や作業場の気積や通気状態が大きく変化した場合には、新たな単位作業場所として測定を計画する必要がある。また、作業形態等が大きく変化しない場合でも、法定測定の他に相対濃度計による測定を補完的に実施することは坑内の作業環境をより正確に把握する上で有効である。（Ⅱ－９．２参照）

炭鉱坑内においては使用する測定器類は防爆構造のものであることはいうまでもないが、狭隘な場所での取扱いであるので、その測定機能を損なわないよう普段から取扱いに習熟しておくこと。また、使用前後の点検整備を欠かしてはならない。

３．粉じん濃度測定器の概要

3.1 質量濃度測定器

質量濃度測定器は、採じん器と粉じんを捕集するためのろ過材（フィルタ）から構成されている。作業環境中の浮遊粉じん濃度の測定に使用する採じん器には、４μｍの粒子の捕集効率が５０％である分粒装置が取付けられている。

分粒の方法としては、粒子の重力沈降を利用する方法、慣性力を利用する方法があるが、一般的には慣性力を利用した分粒装置が用いられている。粉じんは分粒装置で区別され、吸入性粉じんは分粒装置を通してフィルタに捕集され、これを秤量するものが一般的である。

４μｍの粒子の捕集効率が５０％である分粒装置付きの採じん器（サンプラー）としては、次の機種のもの等が市販されている。

イ）ローボリュウムサンプラー

多段分粒装置型　　吸引流量 9.6ℓ／min
慣性衝突式分粒装置型　吸引流量 20ℓ／min
本質安全防爆型　　吸引流量５ℓ／min
（慣性衝突式分粒装置型）

ロ）ハイボリュウムサンプラー

慣性衝突式分粒装置型　　吸引流量 500ℓ／min

ハ）個人サンプラー

慣性衝突式分粒装置型　吸引流量 2.5ℓ／min

3.1.1 ローボリュウムサンプラー

3.1.1.1　慣性衝突式分粒装置

（１）原理

慣性衝突式分粒装置付ホルダーは、気流中の粒子の慣性力を利用して粗大粒子を衝突板（ガラス板にシリコングリースを塗布したもの）上に捕集し、また、ここを通過した粒子はテフロンバインダーフィルターによって捕集するものである。PM4 用のホルダー（NW-354）は、20ℓ/min で吸引したとき、4μｍの粒子の捕集効率が５０％である透過率特性をもつように設計されている。(分粒装置については社団法人日本作業環境測定協会の型式認定を受け、製造メーカにより個々の分粒装置について認定試験時と同等の形状・寸法であることを証明した証明書付きのものが市販されている。)

写真　３－１

写真　３－２

（２）構造

慣性衝突式分粒装置付ホルダー NW-354 型の構造を図３－１に示す。粗大粒子を捕集する衝突板にはφ25mm のガラス板を使用し、粉じんを捕集するためのフィルターにはφ35mm のものを使用する。ホルダーから流量計を通して吸引ポンプに接続する(写真３－１)。

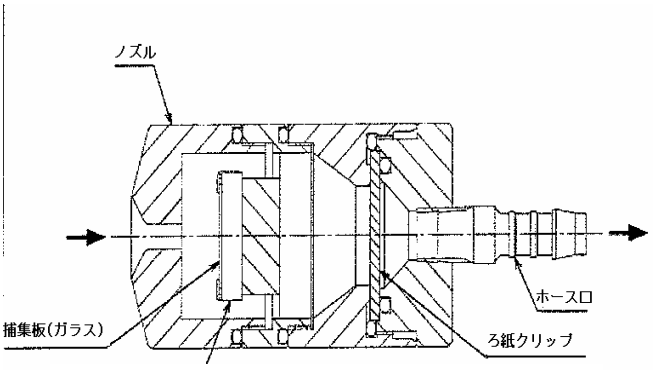


図３－１慣性衝突式分粒装置付ホルダー構造図

また、粉じんを分級する為には吸引流速が変動しないよう制御する必要があり、その為には脈動の少ないポンプ、吸引圧力の高いポンプを使用する必要があるが、センサー制御により精度の高いサンプリングを行うことができ、また定流量装置で、負荷による流量低下を抑えることが可能なポンプも市販されている。

（３）使用法

採じん前に、フィルターを正確に秤量する。衝突板(ガラス板)には、グリスガイドを用いて円形にシリコングリースを塗布する。これは衝突板に捕集した粗大粒子が再飛散し、分級特性に影響を及ぼすことを防ぐ為である。塗布した衝突板は格納ケースに入れ、それを格納箱に格納しておく。採じんは、測定場所においてサンプラーのヘッドへ衝突板及びフィルターをセットしてから、20ℓ/min で一定時間吸引する。

採じん後、衝突板及びフィルターを取り外し、格納ケースに入れてから、格納箱に納める。その後は強い衝撃や振動を与えたり、上下を逆にしないように注意する。持ち帰った試料のフィルターを秤量し、採じん前に求めた質量を差し引いて、採取した粉じんの質量を求める。

3.1.1.2　多段分粒装置（Ｃ－３０型）

（１）原理

多段形分粒装置は、薄い平行板を僅かな間隔(1mm)で何枚も重ね合わせ、この板が水平になるようにしたものである。被検空気は、この間隔を通り抜ける間に大きな粒子は平行板の上に沈降し、小さな粒子のみが通過し捕集される。C-30 型の分粒装置は 9.6ℓ/min の流量で吸引したとき、4μm の粒子の捕集効率が５０％である透過率特性をもつように設計されている。（これまでに販売使用されていたものについては、製造メーカーにおいて正しい分粒特性を持っているかを検査・証明する制度がある。）

写真　３－３

多段型分粒装値 C30

写真　３－４

（２）構造

多段形分粒装置の構造を図３－２に示す。A は吸引流量 9.6ℓ/min で吸引した際に 4μm の粒子の捕集効率が５０％である分粒装置である。B は直径φ55ｍｍの捕集用フィルターをはさむための金属性リング(ろ紙クリップ)で、リングの有効直径はφ44ｍｍである。

異径アダプター SKY-1 型用

写真　３－５

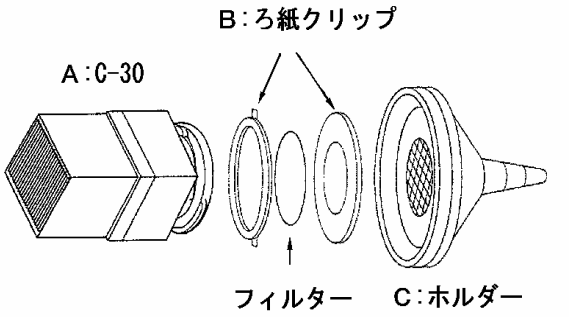


図３－２多段分粒装置の構造図

粉じん捕集量が少ない場合、異径アダプター(写真３－５)を用いてろ紙径をφ25㎜ に変更することが望ましく、これによりろ紙の秤量誤差を少なくすることが可能になる。A,B,C(異径アダプター)の順で漏れのないよう接続し、さらにC(異径アダプター)から流量計を通して吸引ポンプに接続する(写真３－３)。粉じんを分級する為には吸引流速が変動しないよう制御する必要があり、その為には脈動の少ないポンプ、吸引圧力の高いポンプを使用する必要があるが、センサー制御により精度の高いサンプリングを行うことができ、また定流量装置で、負荷による流量低下を抑えることが可能なポンプも市販されている。

（３）使用法

採じん前にフィルターを正確に秤量しておく。採じんは、測定場所においてろ紙ホルダーにフィルター及び分粒装置ををセットしてから、9.6ℓ/min で一定時間吸引する。

採じん後、フィルターを取り外し、格納ケースに入れてから、格納箱に納める。その後は強い衝撃や振動を与えたり、上下を逆にしないように注意する。持ち帰った試料のフィルターを秤量し、採じん前に求めた質量を差し引いて、採取した粉じんの質量を求める。

3.1.1.3　本質安全防爆型質量濃度粉じん計（ＬＶ－５Ｅ）

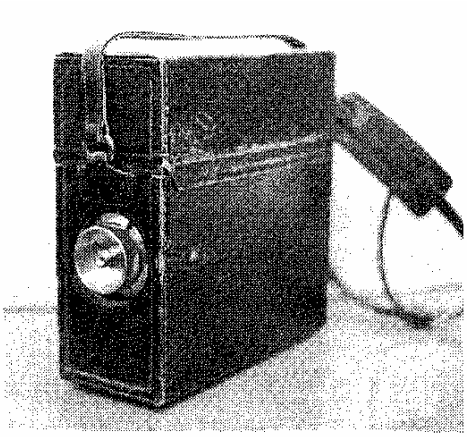
（１）原　理

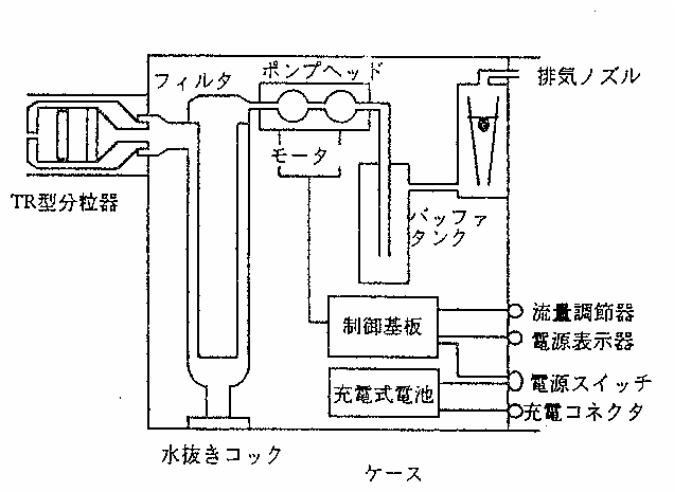
本質安全防爆型質量濃度粉じん計（ＬＶ－５Ｅ）の分粒方式は、慣性衝突方式である。慣性衝突方式の４μｍの粒子の捕集効率が５０％である分粒装置を用いて粗大粒子を衝突板（スチール板にシリコン油を塗布したもの）上に捕集し、そこを通過した粉じん（吸入性粉じん）をフィルターによって捕集し、フィルターを秤量して、その質量を求め、吸引空気量と質量との関係

から、粉じんの質量濃度を求める。（当該粉じん計の分粒装置については、社団法人日本作業環境測定協会の型式認定を受けたものはないが、通商産業省が、平成９年度から平成１１年度にかけて実施した「石炭導入促進調査委託事業・粉じん抑制基礎試験」において、分粒装置の開発を行い、4μm の粒子の捕集効率が５０％である分粒特性を示すかどうかの検証をした結果、十分に実用性の高い分粒装置であることが確認されている。）

（２）構　造

ＬＶ－５Ｅの外観図及び構造図を写真３－６及び図３－３にそれぞれ示す。粗大粒子を捕集する衝突板にスチール板を使用し、吸入性粉じんを捕集するためのフィルターには、直径 35mm のグラスファイバーフィルターを使用する。分粒装置は５ℓ／min の吸引流量で、粒径が４μmの粒子の捕集効率が 50%である特性を持っている。ＬＶ－５Ｅの本体重量は 5.5kg である。





（３）使用法

グリースガイドを用いて衝突板にシリコン油を均一に塗布する。シリコン油を塗布した衝突板は天秤で秤量した後、格納ケースに入れてから、デシケータあるいは格納箱の中に格納する。

ただし、総粉じん濃度を測定しない場合は、シリコン油を塗布した衝突板は秤量しなくてもよい。同様にフィルターも天秤で秤量した後、格納ケースに入れてから、格納箱の中に格納する。

フィルター及び衝突板をサンプリングヘッドに装着する前に、ヘッドの内壁部分に前回測定時の粉じんが付着していることがあるので、必ずヘッドの内壁部分を清掃してから装着すること。装着に際し衝突板及びフィルターは、必ず上向きにした状態で装着すること。

また、装着したサンプリングヘッドは、測定まで粉じん採気口にキャップ

し、採気口を上に向けた状態にして保管しておくとよい。充電式電池を内蔵しているので、バッテリーのチェックを事前に行い電池容量を確認しておくこと。

3.1.2 ハイボリュウムサンプラー

粉じん濃度が低い場合、捕集し得る粉じん量を多くして、秤量時の精度を確保するために、ハイボリュウムサンプラーの使用が有効である。

（１）原理

分粒装置としては慣性衝突式(一般にインパクターと呼ばれている)のものが用いられている。分粒装置は、長方形のスリットノズルを通し吸引すると粒子は加速され、慣性力により粗大粒子は金属捕集板に衝突し捕集される。さらにスリットを通過した粒子は、フィルターにより捕集される。分粒装置は、500 ℓ/min で吸引したとき、4μm の粒子の捕集効率が５０％である透過率特性をもつように設計されている。

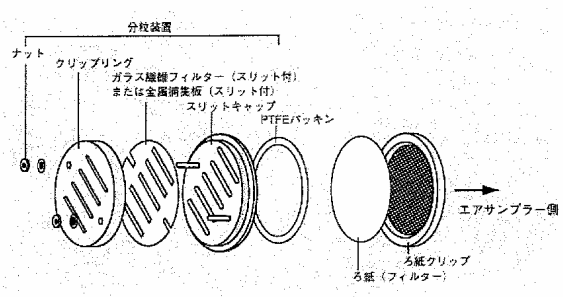
写真　３－７

（分粒装置については社団法人日本作業環境測定協会の型式認定を受け、製造メーカにより個々の分粒装置について認定試験時と同等の形状・寸法であることを証明した証明書付きのものが市販されている。）

（２）構造

分粒装置は図３－４のような構造になっている。粗大粒子を捕集する衝突板は、専用の金属捕集板に、シリコングリース等を塗布して使用する。粉じんを捕集するフィルターはφ110㎜ のものを使用し、図３－４のように本体に装着する。ハイボリュウムサンプラーは、ろ過材を通過する試料空気の流速が強く、また粉じん捕集による圧力損失の増加が大きいが、差圧検出方式による流量検出制御装置により、これを捕集することができるサンプラーが市販されている。

写真　３－８



分粒装置の装着方法

図３－４

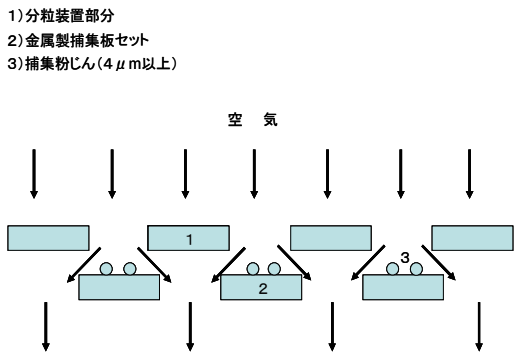


図 3-5　VSCF型の慣性衝突方式の構造図

図３－５　ＶＳＣＦ型の慣性衝突方式の構造図

（３）使用法

採じん前にフィルターを秤量しておく。慣性衝突によって粗大粒子の粉じんを除去するための衝突捕集板には、粘着材(シリコングリース)を塗布して粉じんが再飛散しないようにしなければならない。なお、粘着材が十分に塗布されていても、一定の限度を超えて粉じんが捕集されると再飛散は起こるので注意が必要である。塗布した衝突板は格納ケースに入れ、それを格納箱に格納しておく。採じんは、測定場所においてサンプラーのヘッドへ衝突板及びフィルターをセットしてから、500ℓ/min で一定時間吸引する。

採じん後は、衝突板及びフィルターを取り外し、格納ケースに入れてから、格納箱に納める。その後は強い衝撃や振動を与えたり、上下を逆にしないように注意する。持ち帰った試料のフィルターを秤量し、採じん前に求めた質量を差し引いて、採取した粉じんの質量を求める。

3.1.3　個人サンプラー

（１）原理

個人暴露ホルダーは慣性衝突式の分粒装置で、気流中の粒子の慣性力を利用して粗大粒子を衝突板（ガラス板にシリコングリースを塗布したもの）上に捕集し、また、ここを通過した粒子はテフロンバインダーフィルターによって捕集する。個人暴露ホルダーは、2.5ℓ/min で吸引したとき、４μｍの粒子の捕集効率が５０％である透過率特性をもつように設計されている。（分粒装置については社団法人日本作業環境測定協会の型式認定を受け、製造メーカにより個々の分粒装置について認定試験時と同等の形状・寸法であることを証明した証明書付きのものが市販されている。）

写真　３－９

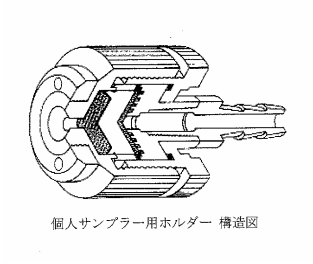


図　３－６

写真　３－１０

（２）構造

個人暴露ホルダー構造を図３－５に示す。粗大粒子を捕集する衝突板にはφ25㎜ のガラス板を使用し、吸入性粉じんを捕集するためのフィルターにはφ25㎜ のものを使用する。ホルダーからミニポンプに接続する。

また、粉じんを分級する為には吸引流速が変動しないよう制御する必要があり、その為には脈動の少ないポンプ、吸引圧力の高いポンプを使用する必要がある。マスフローセンサー制御により、より精度の高いサンプリングを行うことができ、また定流量装置で、負荷による流量低下を抑えている小型軽量のポンプが市販されている。（写真３－９）

（３）使用法

採じん前にフィルターを秤量しておく。衝突板(ガラス板)には、グリスガイドを用いて円形にシリコングリースを塗布する。塗布した衝突板は格納ケースに入れ、それを格納箱に格納しておく。測定場所において衝突板とガラス繊維フィルターをホルダー(サンプリングヘッド写真３－１０)にセットし、ポンプの流量の設定(2.5ℓ/min)と確認を行う。ホルダーに付いているクリップで、作業者の呼吸面近くに固定し、吸引ポンプは腰にバンドで装着する。測定開始時間、測定時間を設定して、ポンプのスイッチを入れる。測定終了後に、積算流量を確認する。持ち帰った試料のフィルターを秤量し、採じん前に求めた質量を差し引いて、採取した粉じんの質量を求める。

3.2　相対濃度測定器

相対濃度とは、粉じんの絶対濃度（質量濃度あるいは個数濃度）と１対１の関係のある物理量をいい、絶対濃度だけでなく、粒径分布、比重、光学的性質、形態などの影響を受けることがある。

こうした測定に用いられる相対濃度計には、次のような特徴がある。

①　短時間で測定できる。通常、１測定所要時間は１～２分である。

②　取扱いが極めて簡単で、特別な熟練を要さず、取扱い上の個人差が少ない。

③　一般的に小型軽量で，携帯、移動に便利である。

④　電池を内蔵し、交流電源を必要としないものが多い。

⑤　一般に感度が高く、低濃度の粉じんでも測定が容易である。

⑥　精密計器であるため、粗雑な取扱いは故障の原因となる。

⑦　煙やミスト等粉じん以外の浮遊粒子状物質が存在する場合は、その影響を受ける。

また、粉じん測定機器は微量濃度の計測に用いるものであり、所用の能力及び精度が確保されるようその整備及び管理については十分な注意が必要である。なお、相対濃度測定器については、標準粒子を浮遊させた試料を用いて較正する必要がある等の理由により、鉱山で較正することは極めて困難であるので、年に１回以上は較正能力のあるメーカーなどに較正の依頼を実施することが望ましい。

相対濃度計には光散乱方式のもの、光吸収方式のもの、圧電天秤方式のもの等がある。ここでは、光散乱方式の粉じん計について述べる。

3.2.1　光散乱方式レーザー粉じん計（ LD-3K2 型）

（１）原理

粉じんに光を当てると、同一粒子系では粉じんによる散乱光の量が質量濃度に比例することを利用している。半導体レーザーを用い、空気中に浮遊している粉じんの質量濃度を散乱光の強弱として測定している。

（２）構造

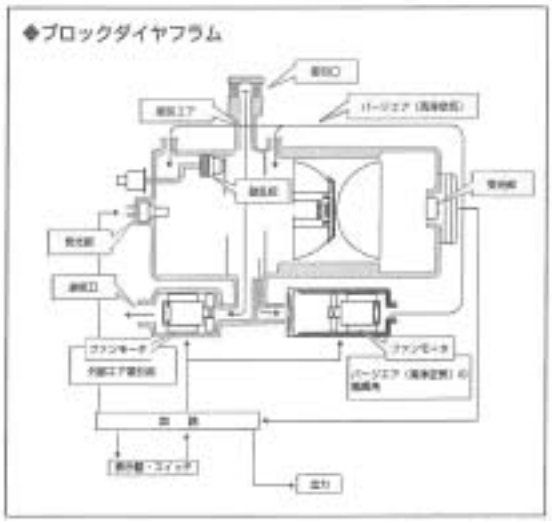
LD-3K2 の内部構造を図３－７に示す。周囲の光を遮り、風向風速の影響を抑えかつ落下粉じんの侵入を防止するため、全周から採気する吸入口があり、吸入用ファンで吸収された試料空気の流れは、エアースリットで仕切られた光散乱部でレーザー光と直角に交差するようになっている。

一方、フィルターとファンを組み合わせて作られた清浄空気は、パージエアーとして光学系と保護するとともに、分離管で試料空気と分離される

ようになっているので、採気口をキャップで塞ぐと、光散乱部は数秒でパージエアーで満たされる。この状態でゼロ点調整と感度合わせを行う。

写真　３－１１

図３－７　LD-3K2　構造図



（３）使用法

１）準備

採気口のスライドを上げ、感度合せ用ノブが MEASURE の位置になっているか確認する。POWER ボタンを押して“ON”にすると、カウンターには“0”が表示される。電池の残量を確認し、1 分間放置する。

次に、時間設定スイッチを何回か押してモード表示を“BG”にする。開始／停止スイッチを押すと 6 秒間の測定が行われる。測定したバックグラウンド値は、次にバックグラウンド測定を行うまでの間、電源を切っても記憶される。

感度合わせ用ノブを SENSI.ADJ の位置に押し込み、“SPAN CHECK”と表示されていることを確認する。この状態で開始／停止スイッチを押すと、1 分間の測定が開始する。測定した散乱板値は、次に散乱板測定を行うまでの間、電源を切っても記憶される。

２）測定

電源が入った状態で測定する場所へ移動する。測定する場所で採気口のスライドを下げ、時間設定スイッチを押して測定時間を選択する。開始／停止スイッチを押すと粉じん測定が開始し、設定時間測定される。質量濃度換算計数(K 値)をあらかじめ入力しておけば、粉じん測定終了後に質量濃度スイッチを押すと、質量濃度(mg/m3)に換算して表示できる。

また、ロギング条件(時間・周期)を設定し、ロギング測定を行うと、データーを本体に記憶することができる。

（４）保守管理

１）日常の保守を必要とする箇所は採気口である。この部分は粗大粒子を除去する所であり、特に粗大粒子により汚れる。また、この部分で除去された粗大粒子の再飛散を防ぐためにも保守管理が必要である。採気口に軽く息を吹き掛けたとき、メーターの指示針が増えるようであったら、この部分を反時計方向に回して外し、水道の蛇口で全体を水洗いすること。オイルミスト等による汚れには定期的に中性洗剤で洗うこと。

２）ＬＤ－３Ｋ２等に使用されている半導体レーザー(レーザーダイオード)は、レーザー安全基準（IEC publication 820 ）のクラス３ｂに分類されている。これはレーザー光を直接見ることが危険なレーザーであり、また、皮膚への障害も起こりうるため、レーザー光を直接人体にあててはならないとされている。したがって、不用意に検出器を分解するのは危険なので注意が必要である。

３）測定器内部にパージエアー浄化用のフィルターが内蔵されているが、定期的に交換する必要がある。交換する時期に関しては、測定現場により異るが、定期的にフィルター部分を目視で確認し、汚れが目立ってきた時に交換するとよい。フィルターについては、あまり負荷のかからないものである必要があるので、テフロンバインダーフィルター T60A20のφ47㎜の使用が推奨されている。

3.2.2 本質安全防爆型相対濃度粉じん計（ＬＤ－１Ｅ）

（１）原　理

粉じんに光を当てると、同一粒子系では粉じんによる散乱光の量が質量濃度に比例することを利用している。半導体レーザーを用い、空気中に浮遊している粉じんの質量濃度を散乱光の強弱として測定している。

（２）構　造

ＬＤ－１Ｅの外観及び構造概略図を写真３－１２及び図３－８にそれぞれ示す。

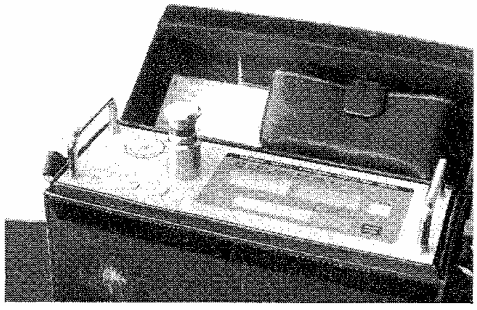


写真３－１２　ＬＤ－１Ｅの外観

レーザー粉じん計の内部構造は、直射日光を含む周囲の光を遮断し、風向・風速の影響を抑え、かつ粗大粒子をカットして全周から採光するためのドーナツ状の薄い円板を等間隔に積み重ねた構造の採気口があり、吸引された採気流は、エアスリットで仕切られた光散乱室でレーザー平行光束と直角

に交差して流れ、分離管でパージエアーと分離され採気用プレートファンにより器外へ排気される。

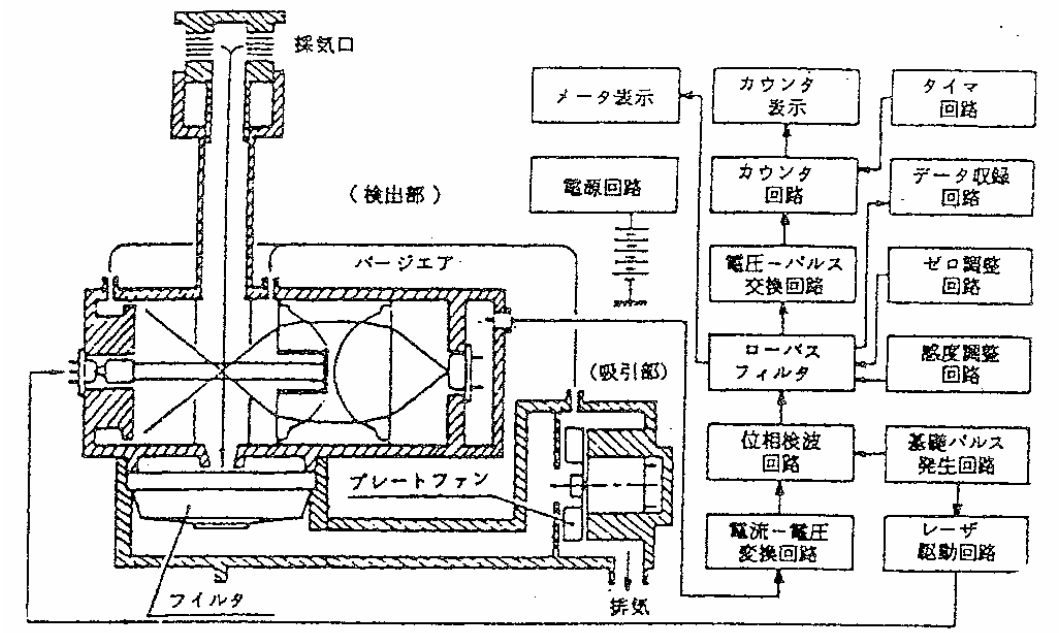


図３－８　本質安全防爆型相対濃度粉じん計（ＬＤ－１Ｅ）の構造概略図

一方、フィルターとプレートファンを組み合わせた空気清浄部からのクリーンエアーは、パージエアーとして投光部（光源部）と集光部（集光レンズ前室）に送られ、それぞれの光学系を保護し、エアスリットを通過して光散乱室に入り、分離管で採気流と分離され、空気清浄部に戻り還流する。したがって、採気口をキャップで塞ぐと、光散乱室は数秒でパージエアーで満たされてクリーンモードとなる。この状態でゼロアジャストと感度合わせを行う。

（３）使用法

１）準　備

採気口を閉めたまま POWER を押して、“ＯＮ”にする。続いて、BATT のボタンを押して、メーターの指示針が赤線の範囲にあることを確かめ約３分間放置する。

次に、0-ADJ を押す。パイロットランプが点灯してゼロアジャストモードに入ったことを示す。パイロットランプが消えてメーター指示針がゼロになりバックグラウンドがキャンセルされたことを示す。

検出器内の投光部に格納されている感度合わせ用の標準錯乱板（模擬光錯乱用）を所定の光学位置にセットするために、感度合わせ用ノブを

“SENSI.ADJ”の位置に押し込む。また、測定（MEASURE）の位置から感度合わせ（SENSI.ADJ）の位置にするには、軽く押しながら右へ回していくと“SENSI.ADJ”の位置でノブが引き込まれる。さらに止まるまでノブを完全に押し込む。感度合わせの数値が、ＬＤ－１Ｅの検査表に記載されている感度合わせの数値と合っていることを目盛りにより確認した後、一分間の測定を行い、その値が感度合わせの数値の±２．５％以内の範囲に入っていることを確認する。ただし、感度合わせの数値の±２．５％を上回る場合は、測定器内部が汚れていることを示しているので、洗浄等を行い２．５％以内の範囲に入るようにする。

感度合わせ終了後、感度合わせ用ノブを引き出し“MEASURE”の位置に戻す。測定位置に戻すときは、ノブを戻すとスプリングの力で測定位置に戻るが、戻りきるまで指をはなさず“ショック”を与えないように注意する。

２）測　定

測定する場所でタイマーを１分間にセットし、採気口を引き上げた後、測定を行う。このときメーターの指示針が振り切れたら、×１０のボタンを押して感度を１／１０にする。

スタートボタンを押し、１分間当たりの計数値を求める。測定中は、採気口より吸引流量 3.4ℓ/min で外気が導入される。この時の取り込み速度は、20 ㎝／ｓで多段分粒装置と同じ分粒特性を持っている。

（４）保守管理

ＬＤ－３Ｋ２と同様に管理する。

3.2.3　個人暴露測定用携帯型デジタル粉じん計（ PDS-2 型）

前述のデジタル粉じん計の他、粉じんの個人暴露の測定を目的とした測定器も市販されている。原理はＬＤ－３Ｋ２と同じである。

構造としては以下の特徴がある。

- 検出部とデータ記録部が分離しており小型、軽量で作業者への脱着が容易な構造となっている。
- データは一定間隔で記録部に記録されるようになっている。測定後は通信ケーブルと通信ソフトの使用によりパーソナルコンピューターに測定値の取込み・保存が可能となっている。
- 内蔵のニッケル水素電池により、９時間の測定が可能となっている。

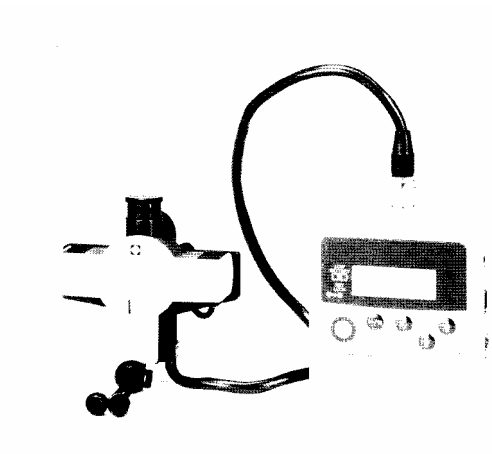


写真３－１３　ＰＤＳ－２型

写真 3-14 PDS-2 型装着の状況

４．測定前の準備

4.1 粉じん測定用フィルター

4.1.1 フィルターの捕集原理と条件

一般に、フィルター（ろ紙）の基本的な捕集原理としては、慣性衝突効果、さえぎり効果、拡散効果及び静電気効果の以上４種類の原理によって粉じんを捕集している。また、フィルターとしては、下記のような条件を備えていなければならない。

① 粒径 0.3μｍの粒子に対して捕集率は 95%以上でなければならない。

② 粉じんの捕集に使用されるフィルターの圧力損失は、ろ過風速に正比例して増加するので、初期圧力損失が低く、粉じんのたい積による圧力損失の増加が少ないものがよい。

③ 取扱いが容易で、サンプリングに耐える強度のあることが必要である。

④ 吸湿性が小さくなければならない。吸湿性の大きなフィルターは測定値に偏りを生ずることがある。

4.1.2 フィルターの種類

粉じん濃度測定器用として一般的に用いられているフィルターは、グラスファイバーフィルターである。

各フィルターの吸湿性等をまとめて表４－１に示す。また、フィルターの特性は、次のとおりである。

表４－１　各フィルターの分類と吸湿性

類	種　　類	例	吸湿量*１	捕集率*２（%）
繊維状フィルタ	グラスファイバーフィルター	AP20	0.36±0.04	99.9
		T60A20	0.03±0.01	98
	石英ファイバーフィルター	2000QAST	0.17±0.03	99.9

*１ ： ろ紙５枚をＲＨ９０％の環境に一昼夜放置後の平均値と標準偏差
*２ ： 0.3μｍｽﾃｱﾘﾝ酸粒子を用い、20cm／sec の面速で測定した値

グラスファイバーフィルター

グラスファイバーフィルターは、ガラス繊維で抄紙されたフィルターで、繊維の多くがフィルター内通過気流と垂直になるように作られている。

このため、充てん密度が小さくてもエアロゾルとガラス繊維との慣性衝突効果等により、エアロゾルがガラス繊維に付着する。

グラスファイバーフィルターは、質量濃度測定に多く用いられるが、吸湿性の高いガラス繊維で作られているので、従来吸湿による質量変化が問題となったが、グラスファイバーフィルターにふっ素樹脂加工を行うことにより、強度・圧力損失・吸湿性が低い等、従来のグラスファイバーフィルターにはない優れた特性をもつようなグラスファイバーフィルターが作られるようになった。

現在、粉じん濃度測定用に用いられているグラスファイバーフィルターは、ふっ素樹脂加工されたパールフレックス社製Ｔ60Ａ20、ミリポア社製ＡＰ20 等である。

4.2　天秤の種類とその取扱い方法

作業環境中の粉じん濃度を測定する場合、粉じん捕集用ろ紙の秤量が正確でなかったら、優れたデザイン・サンプリングであったとしても、作業環境中の正確な粉じん濃度を求めることは出来ない。ここでは、天秤の原理とその取扱い方と秤量時の注意事項についての概略を述べる。

4.2.1　天秤の種類

現在の天秤の多くは、１８世紀にラムスデンによって製作された等比天秤と、ボックホルフの定感量天秤の原理をメトラーが製品化した不等比天秤とに分けられるが、昨今の電子技術の発展により、それらとは違った電子天秤も多く使用されるようになった。

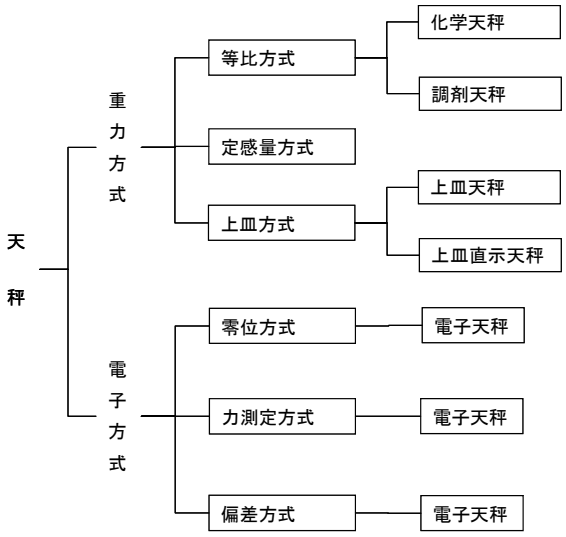


図４－１　各種天秤の構造による分類

そこで、各種天秤の構造及び原理による分類の一例を図４－１に示す。

また、市販天秤の秤量範囲と読み取り限界から考えて、粉じん濃度測定を目的として使用される天秤は、直示天秤と電子天秤であるが、ここでは電子天秤の使用について述べることとする。

4.2.2　電子天秤の原理と取扱い方

（1）原　理

電子方式による天秤の場合、その原理を零位方式、力測定方式及び偏差方式の３方式に分けることができる。零位方式の原理は、重量による可動部分の微小変位を差動トランス、光電素子等により検出し、この微小変位がゼロになるよう磁石を用いて、外力を加えて平衡をとる方式である。

力測定方法の原理は、重量を載せることにより生じる力を弾性体のひずみとして測定したり、その力を直接圧電素子等を利用して測定したり、ジャイロ、音さの復元力を利用して測定する方式である。

偏差方式の原理は、機械式自動はかりの変位量を差動トランス、光源エンコーダを用いて電気変換する方式である。

一般に使われている電子天秤の多くは、零位方式（電磁力補償方式）及び力計（ロードセル）を利用した力測定方式である。零位方式の天秤の原理概略図を図４－２に示す。図４－２中の（ａ）は、フレミングの左手の法則により電磁力Ｆが誘起される。つまり、力Ｆが磁束密度Ｂを生ずる永久磁石の両極間に導線を置き、この導線に電流Ｉを流すと、導線には上向きの力が働き等式Ｆ＝ι・Ｂ・Ｉ　が成り立つ。ιは磁界中の導線の長さで、天秤にあっては一定であり、磁界の強さも一定であれば、等式は力Ｆと電流Ｉが比例関係にあることを示している。このことから、図４－２中の（ｂ）のように

力Ｆが働き、平衡状態にあることを証明している。位置検出器が絶えず導線の位置を監視し、皿の上の測定物質を載せ降ろしするたびに、導線の位置が元の状態になるまで、電流調整器で導線に流れる電流を増減する。その結果、平衡状態を保持させている電流は、測定物質の重量に比例することになる。したがって、測定物質に働く重量Wと磁石に発生する力Ｆは等しく、力Ｆは電流Ｉに比例することから、重量に比例した電流が測定値として得られる。ゼロ位方式天秤は、これらのことを応用して重量を測定する天秤である。

また、力測定方式の天秤の原理概略図を図４－３に示す。ＡＢＣＤは平行四辺形でローバーハル機構になっている。ＡＢが固定され、Ａ，Ｂ，Ｃ，Ｄそれぞれにひずみゲージが取り付けられている。秤量皿に試料を載せると、ＡＢに平行にＣＤが下がり、試料物質と釣合った時点で止まる。このときＡ，Ｄには張力、Ｃ，Ｂには圧縮力が働く。このひずみゲージをブリッジ回路につなぎ、ブリッジの不平衡電流から質量を求めるのが力測定方式の電子天秤である。

（２）電子天秤の取扱い方

電子天秤でろ紙等を秤量する場合、天秤そのものの感度もさることながら、天秤の設置場所、使用上の注意、使用方法等に十分注意を払う必要がある。

電子天秤で秤量の際に秤量誤差を引き起こす要因には、次のことが考えられる。

１）天秤及び天秤台の設置環境
２）物理的現象
３）試料の取扱い
４）天秤の操作

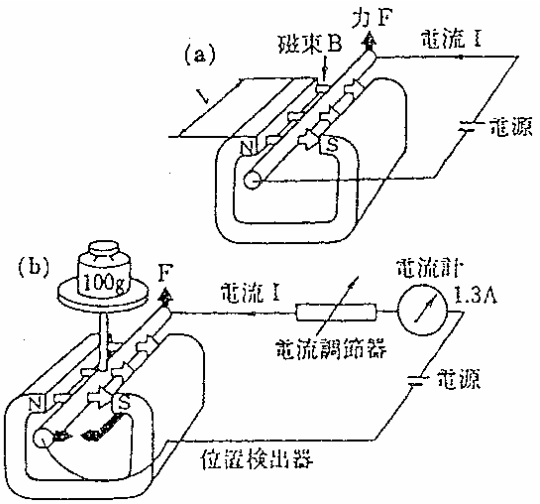


図４－２　零位方式天秤の原理概略図

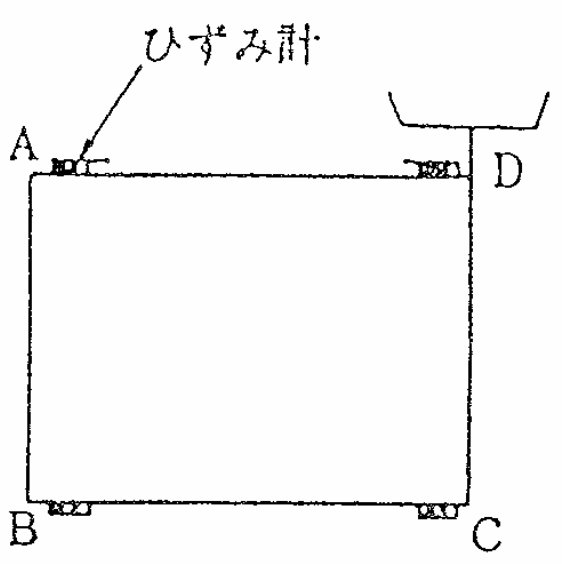


図４－３　力測定方式天秤の原理概略図

以上の要因別に、原因と対策について詳述する。

１）天秤及び天秤台の設置環境

秤量の精度、すなわち信頼性は、天秤の置き場所と密接な関係があり、条件が整うほど正確な測定が楽に確実に行える。その大切な留意点は下記のとおりである。

① 天秤は、可能な限り天秤室等天秤専用の部屋に置くこと。専用の部屋がない場合には、人の出入りの少ない箇所、気温の変化が少ない箇所に設置すること。

② 天秤は、原則として振動のある場所には設置しないこと。止むを得ない場合は、振動吸収台か頑丈なコンクリート製の台が望ましく、木製の台や磁性のある台は避けた方がよい。

③ 直射日光、暖房機器等の熱源のある場所には設置せず、できるだけ熱源から遠ざけること。

④ 天秤室では、温度変化と相対湿度が秤量結果に及ぼす影響も大きくなる。おおよその目安として天秤室の相対湿度は、45～60％とすることが望ましい。また、室温は秤量結果の温度ドリフトを避けるために、温度は 17～27℃の範囲で、できるだけ一定に保つことが望ましい。

⑤ 秤量台は、できるだけ移動させないこと。

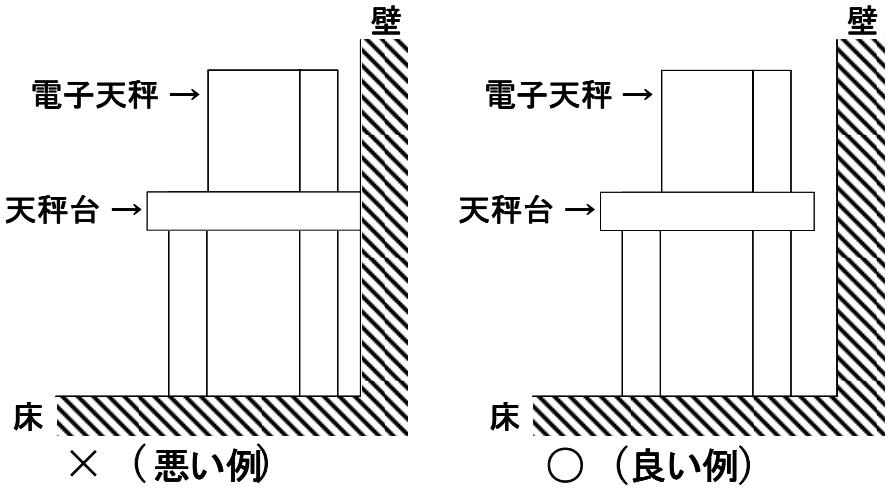


図４－４　天秤台の設置例

⑥　天秤台は床に置いてあるか、又は壁に取り付けるだけにすること。壁と床からの振動が同時に伝わるのをさけるために、床と壁の両方に同時に取り付けないこと。(図４－４参照)。

⑦　照明器具は、障害となる熱放射を避けるため、特に白熱電球の場合、天秤から十分離すこと。蛍光灯の場合はそれほどの悪影響を与えることはない。

⑧　空調機や排気装置付きの機器（例：コンピュータ等）の近くでの秤量は避けること。

⑨　天秤は、天秤内部の水準器により、常に水平に保っておかなければならない。

２）物理的現象

静電気や電源電圧の変動は、秤量に影響を与える。

①　冬季に多い静電気の影響について、その原因と対策について述べる。

空気が乾燥すると静電気の影響が起こりやすくなってくる。静電気の影響を受けた天秤の表示値は不安定で、定まった秤量値を得るのがむずかしくなる。これは、天秤のハウジングや秤量室等と試料との間に起きる静電気が原因である。

帯電した試料を秤量した時、その結果が正の誤差を含むか負の誤差を含むかは、全く予測できない。静電気は、その素材の取扱いや輸送時の摩擦によって帯電する。プラスチックやガラスなど電気絶縁性の高い物質ほど静電気を帯びる傾向が強く、また、粉末や顆粒状物質についても同じことがいえる。

そこで、静電気防止対策として、下記のことに注意すること。

イ．天秤室の相対湿度を 45%以上にすること

ロ．天秤のアースを取ること

ハ．測定者の帯電を水道蛇口などに触れることで放電させること

ニ．ガラス製の容器を金属性に替えること

②「表示値が急に大きくばらつき、しばらくして元に戻る」や、「OFF と表示したままになる」等の現象は、電源電圧の変動やノイズなどの電源ラインの障害が主な原因に挙げられる。そこで、電源電圧の変動等の防止対策として、下記のことに注意すること。

イ．100±5Ｖの電源を確保すること

ロ．タコ足配線にしないこと

ハ．テーブル・タップなどは使用せず、電源コンセントに直接つなぐこと

ニ．電源をほかに移してみること

3）試料の取扱い

サンプル自身の持つ温度が、天秤の秤量室内の温度と差のある場合は、天秤の秤量値に影響を及ぼす。つまり、サンプルの温度が秤量室の温度よりも高ければ図４－５の矢印の向きに対流が生じ、サンプルの温度が低ければ矢印の向きが逆になる。この結果、サンプルは対流によって押し上げられたり、押し下げられたりし、秤量値のドリフトやばらつきの原因となる。一般に、天秤の秤量室内の温度に対してサンプルの温度が高いと軽く表示され、低いと重く表示される。

対流の影響を防止するには、次のことに注意して秤量する必要がある。

① できる限り小さい風袋容器を使うこと。

② 容器の形状に気を付け、口の広がった容器の使用は避けること。

③ サンプルを素手で持たないようにし、長いピンセット等を使うこと。

④ サンプルと秤量室の温度を同じにすること。

⑤ デシケータから取り出した直後の秤量は避けること。

⑥ 秤量に要する時間をできるだけ短くするように心がけること。

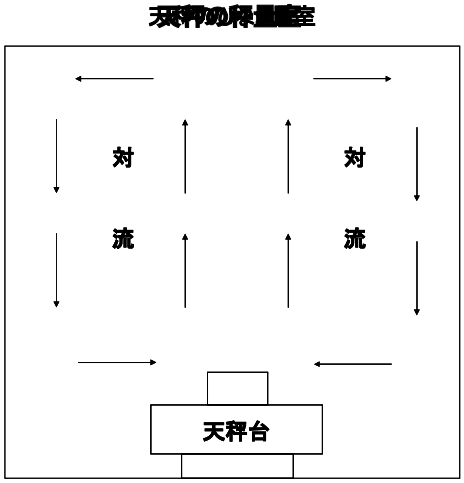


図４－５　天秤秤量室内の試料温度と対流の関係

⑦　秤量が終わったら、なるべく早くサンプルを秤量室から取り出すこと。
⑧　秤量室に手を入れないこと。

4）天秤の操作

天秤を使用する際には、下記の点に十分注意すること。

①　秤量中は姿勢を正し、肘等を天秤台の上などに載せないこと。また、必要以上に天秤に体を近付けないこと。読み取り限界の小さな天秤ほど体温による影響を受け、ゼロ点が変化することがある。

②　ろ紙を秤量する場合、天秤の設置場所の環境条件に慣らしてから計測すること。

③　帯電性の高い試料を秤量する場合、アルミホイルを利用する等、帯電に対する必要な対策を講じてから秤量すること。

④　ろ紙は素早く秤量皿の中央に載せ、呼気を当てないようにすること。

⑤　試料を秤量皿に載せる時、ピンセット等で秤量皿を強く押すと、秤量誤差の原因となる。ろ紙を載せる台を秤量皿の上に置いておくと、ピンセット等で秤量皿を強く押すことなくろ紙の取り出しを行える。

⑥　ろ紙を挟むピンセットは、切手等を挟む時に使うピンセットの方がろ紙に孔をあける等の心配がない。ただし、慣性衝突方式の質量濃度粉じん計の衝突板を取り外したりするときは、歯科用ピンセットの方が使いやすい。

⑦　自動安定検出ランプ（ＡＳＤ）が消えたとき、表示値を直ちに読み取ること。

⑧　質量差測定の場合は、試料の処理前と処理後の秤量手順は条件を同一にして行うこと。

⑨　電子天秤の表示値のばらつきの原因の一つに、試料表面に生じる結露膜の問題がある。結露膜による影響を防ぐためには、できる限り試料温度と周囲温度を同じにしてから秤量作業を行うことが大切である。

したがって、ろ紙温度が天秤の秤量室の温度より低くなるほど試料表面の結露膜が厚くなり、測定値は重くなる傾向がある。また、室温が１℃変化すると、秤量物の重量安定には約 15 分かかるといわれている。さらに、吸湿性があるろ紙などを使用すると測定値の誤差も大きくなる。こうしたことから、従来行われてきたような、ろ紙をデシケータから取り出し、直ちに、秤量を行うようなことは避けた方がよい。

５）天秤の操作手順

計量操作は、できる限り手早く進めることが大切である。計量に時間が掛かり過ぎると振動、室内の空気の流れ、温度変化、湿気、試料の反応などの外的誤差要因が入り込む可能性が増加して誤差発生の確率が高くなる。

そこで、先の注意事項を踏まえて、電子天秤の秤量手順は、下記のように行うこと。

① 計量開始より 30 分以上前に天秤のスイッチを入れてウォームアップをしておく。天秤のスイッチは、常に入れておいた方がよい結果が得られる。

② 風防ドアを開ける前に、表示値が正しくゼロを示していることを確認する。天秤のゼロ点がずれたまま計量を行うと測定誤差が生じる原因となる。

③ 風袋容器及びろ紙には、指を触れないこと。風袋容器又はろ紙に体の一部が触れると温度が変化して誤差を生ずるおそれがある。

④ 風防ドアは、風袋容器又はろ紙を秤量皿に載せるときだけ開け、それ以外の時は必ず閉めておくこと。風防ドアを開けておくと内部の温度が変化し、空気の乱れが生じて誤差が発生するおそれがある。

⑤ ろ紙は秤量皿の中央に正しく載せること。

⑥ 風防内にはできるだけ手を入れないこと。風防内に手を入れると内部の温度が変化し、対流が起こるおそれがあり、秤量値に影響を与える。

⑦ 風袋容器又はろ紙を秤量皿に載せたら、すぐに風防ドアを閉めること。

⑧ 表示値が安定するか、自動安定検出ランプ（ＡＳＤ）が消えたら、すぐに表示結果を読み取り、なるべく早くろ紙を風防ケースから取り出すこと。

⑨ 風防ケースと秤量皿は、常に清潔に保つこと。

⑩ プラスチック製風防容器の使用は避けること。相対湿度が 30～40％以下の時は、ガラス容器の使用も避けること。

⑪ 天秤を置く設置場所が変わったときには、改めて天秤の較正を行う必要がある。

⑫ 天秤の設置環境で空気清浄器等による気流の影響が考えられるとき、電

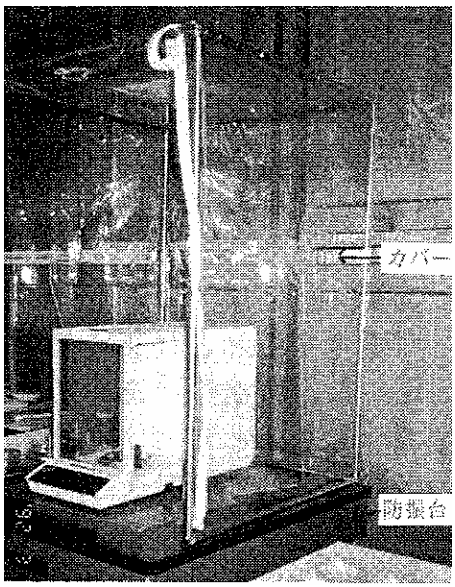


写真４－１　天秤全体を覆うカバー

子天秤全体を覆うようなカバー（写真４－１参照）を設置すると、気流の影響を防ぐことができ安定した秤量が可能となる。

4.2.3　天秤選択時の注意

0.01mg の精度で秤量可能な電子天秤をろ紙の秤量に使用する場合、秤量に用いるろ紙は、T60A20 のような吸湿性の小さなろ紙を使用すること。

4.2.4　ろ紙の秤量方法

秤量しようとするろ紙をデシケーター等から取り出し、天秤室に予め置いてある汚れのない紙等の上に必要枚数置く。最低２時間以上天秤室にろ紙を放置した後、先に記述したことに注意しながら１回目の秤量を行う。次に、秤量済みのろ紙をデシケーター等に戻し、半日以上保管した後、１回目の秤量と同じように、予め秤量済みのろ紙を天秤室に２時間以上放置した後、２回目の秤量を行う。１回目と２回目の秤量値が同じ値の場合は、その秤量値がろ紙の秤量値となる。１回目と２回目の秤量値が異なる値を示した場合は、２回目と同様な秤量方法により３回目の秤量を行い３回目の秤量値を求める。３回目の秤量値が２回目の秤量値と同じであればその秤量値をろ紙の秤量値とする。また、２回目と３回目の秤量値が異なる値を示した場合は、３回目と同じ様な方法で４回目の秤量を行う。つまり、先に示した秤量方法に従い、秤量を行い連続２回同じ秤量値を示した値を測定に用いるろ紙の秤量値とする。

測定後のろ紙の秤量は、ろ紙をデシケーター等から取り出し、天秤室に予め置いてある汚れのない紙等の上に置き、最低２時間以上天秤室にろ紙を放置した後、先に記述したことに注意しながら秤量を行い、その秤量値を測定後のろ紙の秤量値とする。

4.3　粉じん濃度測定の概要及び準備

4.3.1　粉じん濃度測定作業のフローチャート

浮遊粉じん濃度の測定は、作業場において浮遊している粉じんの濃度の実態を的確に把握し、それに基づいて粉じん防止のための有効な対策を行うなど、適正な作業環境の管理を行う上で、非常に重要なものである。

作業場の浮遊粉じん濃度は、吸入性粉じん（4μm の粒子の捕集効率が５０％である分粒装置を使用して捕集した粉じん）が１㎥の中に何ミリグラムあるかで表される（mg／㎥）。粉じん濃度の測定は、質量濃度計と相対濃度計の２種類の測定器の併行測定によって行われる。

粉じん濃度測定のあらましの流れを把握するために、「粉じん濃度測定のフローチャート」を図４－６に示す。

4.3.2　測定前の測定機器等の準備

（１）機器の点検

測定に際し、測定器が正常に作動することを確認する必要がある。そのために、下記のような点検が必要である。

①　質量濃度の測定に多段分粒型のサンプラーを用いるときは、多段分粒装置の分粒板（平行板）に粉じんがたい積していると思わぬ誤差の原因となることがあるので、分粒板に粉じんが付着していないことを確かめたうえ、使用すること。

②　質量濃度の測定に慣性衝突型サンプラーを用いるときは、ヘッドの内壁部分に前回測定時の粉じんが付着していることがあるので、必ずヘッドの内壁部分を清掃してから、測定を行うこと。

③　相対濃度計は、電池の残量を常に確認すること。

④　相対濃度計（ＬＤ－１Ｅ及びＬＤ－５０）は、高濃度粉じん作業環境での測定により相対濃度計に内蔵されているフィルタが粉じんで汚れたことが予想される場合には、清浄空気等で洗浄したり、新しいフィルタと交換して使用すること。

（２）測定現場への持込み準備

測定現場は、一般に測定器の準備を行った場所より遠く離れた場所であることが多い。特に、坑内での測定は入・出坑の都合があり、必要器具を忘れた場合には１日の測定予定を無駄にしてしまうか、測定が失敗に終わってしまう。

そのためにも次の事項に注意して準備作業を進める必要がある。

①　現場では、しばしば作業者の仕事の邪魔となることからトラブルを起こしやすいので、測定補助者を含めて現場作業者に対しても、測定の目的とその要領等についてよく理解してもらうことが大切である。また、不必要な測定状況の見学等は測定位置周辺の気流を乱し、測定値に異状を生ずる原因となることがある。これらのことに注意し、測定作業従事者の仕事の分担を明確にし、責任を持って測定に当たるようにすること。

②　予備フィルタ（秤量済みのもの）等は十分な量を持参すること。特に、坑内等湿気が多い場所では、フィルタは結露等によって測定使用前に汚損しやすい。

③　ドライバー、工作用ナイフ、ペンチ等簡単な工具も持参すること。

④　連結ホースは、清浄なもの、差込口が緩くなったり折れ曲ったものでないものを持参すること。

⑤　必要器具類は、なるべく持ち運びに便利な箱（１～２個）を用意して、まとめて運ぶのがよい。なお、ダンボール等の紙製のものは湿気に弱いので注意しなければならない。ポータブル型の測定器はキャリングケースがついているが、坑内では側壁にぶつかったりして汚すことが多い（測定器の内部に粉じんが侵入するおそれがある）ので、一括して箱に入れたほうがよい。また、汚れを拭き取る布、ガーゼ等も入れておき、一部は湿らせておくとよい。理化学実験に用いるベンコット（柔らかい長繊維コットン）等は便利である。

⑥　現場に出発する直前に再度持参する測定器等をまとめて点検し、必要なものが全部揃っていることを確認する。なお、表４－２のようなチェックリストを作成し、照合するようにするとよい。

⑦　必要機器類を現場に運ぶときには、運搬中投げ出す等強い衝撃は与えないようにすること。

⑧　現場到着後は、作業の邪魔にならない場所で各々の組立作業に入る。極度に湿っていたり、湿式粉じん抑制を行っている場合には床面が水溜まりになっていることが多いので、そのような場所で組立作業を行ったり、機器等を置くことは避けること。

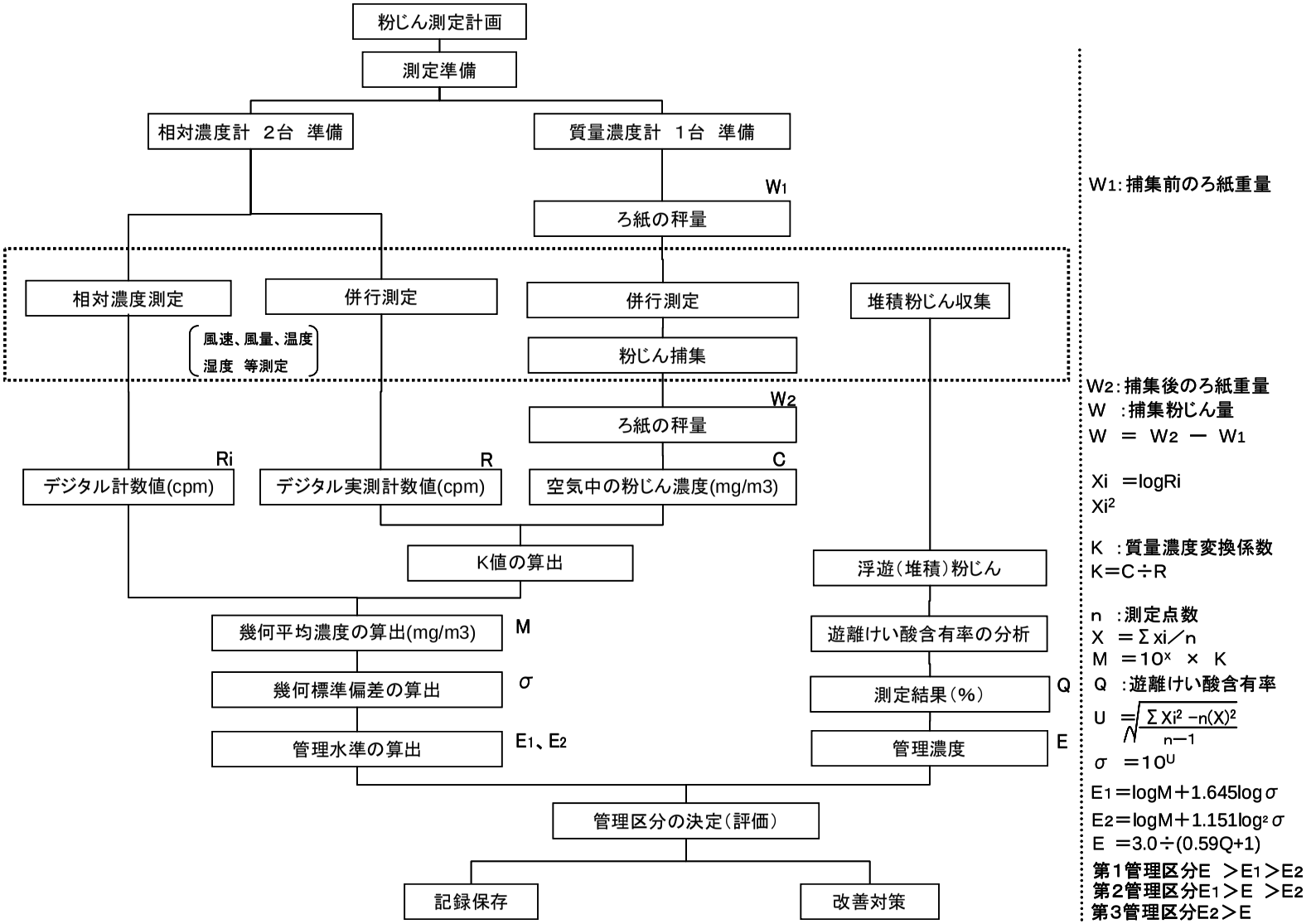


図4－6　粉じん濃度測定のフローチャート

表４－２チェックリストの一例

粉じん濃度測定用機器・工具類

チェックリスト

１．質量濃度測定器	□
２．ろ紙（秤量済みのもの）	□
３．相対濃度測定器	□
４．遊離けい酸含有率分析サンプリング試料収集用	
刷　毛	□
フルイ	□
ビニール袋	□
５．風　速　計	□
６．温　度　計	□
７．湿　度　計	□
８．工　具　類	
ドライバー	□
ペンチ	□
鉄　線	□
９．巻　尺	□
１０．チョーク	□
１１．番号札　　（紐付き）	□
１２．時　計　　（ストップウォッチ等）	□
１３．布、ガーゼ等	□
１４．記録用紙・測定箇所配置図（バインダー）	□
１５．筆記具	□
１６．防じんマスク	□
１７．スモークテスター	□

５．測定設計（デザイン）

作業環境測定の目的は、作業環境の実態を数量化して正しく把握し、その結果から環境評価基準に従って測定作業環境の評価を行い、どの程度にどのような措置を実施しなければならないかを判断することである。測定対象作業環境を正しく評価するためには、正しい作業環境測定が必要であり、さらに、そのためには測定環境のデザインが適切でなければならない。

5.1　単位作業場所の設定

5.1.1　単位作業場所の範囲

測定対象作業環境に、「管理の対象となる区域」である単位作業場所を設定する。ただし、単位作業場所は、作業場の区域のうち鉱山労働者の作業中の行動範囲、粉じんの分布の状況等に基づき定められる濃度等の測定のために必要な区域をいう。

単位作業場所の範囲の設定に当たっては、次の事項を配慮する。

（１）作業内容と作業区域

①　同一の区域でも、作業工程の進み具合等によって粉じん濃度が時間帯などにより著しく高低することが予測されるような場合は、別の単位作業場所とする。

②　粉じんの発生する装置や機械類が一様に配置されていて、生産工程や設備に多少の差異があっても、環境中の粉じんの量に大差がない場合、又は多数の発生源がある場合は全体を一単位作業場所としても支障はない。ただし、その評価を行った結果が第Ⅱ又は第Ⅲ管理区分になった場合はσ（幾何標準偏差：Ⅲ参照）を確認し、σが高い場合は、ばらつきが大きいために管理区分を悪くしている事が考えられるので、単位作業場を分割する等の対応が必要である。

（２）単位作業場所での鉱山労働者の就労状態

粉じんの発生源が明らかであって、その周辺で一連の作業が行われている場合には、その発生源からの粉じんの拡散範囲と通常の作業範囲から単位作業場所を決定する。

（３）粉じん発生源からの粉じんの流動拡散状態

粉じんの発生源の位置や環境への放出状況から、特に一定の区域で常に

粉じん濃度が他の作業場所に比べて高低することが予測されるような場合は、それらの場所は別の単位作業場所とする。

（４）その他

① 単位作業場所はそこに設定した全測定点を１作業日（坑内作業においては、１方作業として８時間以内）の間に測定し得る範囲とし、１作業日のうちに設定した全測定点を測定し得ない場合は単位作業場所を分割する。

② 最初に設定した単位作業場所において得られた繰り返しデータの積み重ねができた後、それまでのデータと測定結果が一致しなくなった場合は、その単位作業場所の範囲や測定点の変更を検討する。

③ なお、作業時間８時間のうち、鉱山労働者の立入が述べ 30 分以内の場所及び禁柵等、通常の状態では鉱山労働者が立入らない場合は、単位作業場所を設定する必要はない。

④ 単位作業場所は、測定結果の及ぶ範囲であり、一つの測定結果に基づいて行われる環境管理の対象区域であるので、測定結果を他の似たような単位作業場所の測定結果に用いてはならない。

⑤ 単位作業場所の区分を行う時、個々の単位作業場所での濃度変動は小さく、他の単位作業場所との濃度差のあるような区分に設定する必要がある。ただし、こうした区分は、測定結果を参考にして個々の単位作業場所を設定した方が効果的である。

⑥ 坑内作業場において、同一作業場所で短時間に異なる作業が行われる場合等は一連の単位作業場を一つの単位作業場として測定することができる。詳細については６．１．３）で説明する。

5.1.2 単位作業場所の設定

鉱山保安法施行規則第１０条第４号に規定する「著しく粉じんが発生し、又は飛散する屋内作業場及び坑内作業場」とは、次に掲げる作業を行う場所をいう。

(1)鉱物等（湿潤なものを除く。以下同じ。）をせん孔機によりせん孔する作業

(2)鉱物等をボーリングする作業（坑外において湿式によりボーリングする作業を除く。）

(3)坑内において鉱物等を掘さく機械（採炭機械を含む。）により掘さくする作業（水力により掘さくする作業を除く。）

(4)鉱物等を積載した鉱車若しくは車の荷台をくつがえし、又は傾けること

等によって積載した鉱物等を積み卸す作業

(5)坑内において鉱物等を車両系鉱山機械（スクレーパを含む。）により積み込む作業

(6)坑内において鉱物等をコンベア（ポータブルコンベアを除く。以下同じ。）へ積み込み、又はコンベアから積み卸す作業

(7)坑内において鉱物等を充てんする作業（手積みにより充てんする作業及び水力により流送充てんする作業を除く。）

(8)坑内において岩粉を散布する作業

(9)坑内又は屋内において鉱物等を動力により破砕し、粉砕し、又はふるいわける作業（水又は油の中で動力により破砕し、粉砕し、又はふるいわける作業及び設備による注水をしながら動力によりふるいわける作業を除く。）

(10)岩石若しくは鉱物を動力により裁断し、又は仕上げする作業（火炎を用いて裁断し、又は仕上げする作業及び設備による注水若しくは注油をしながら動力により裁断し、又は仕上げする作業を除く。）

(11)研磨材の吹き付けにより研磨し、又は研磨材を用いて動力により岩石、鉱物若しくは金属を研磨し、若しくはばり取りし、若しくは金属を裁断する作業（設備により注水又は注油をしながら研磨材を用いて動力により岩石、鉱物若しくは金属を研磨し、若しくはばり取りし、若しくは金属を裁断する作業を除く。）

(12)坑内又は屋内において粉状の鉱物等を混合し、又は混入する作業

(13)製錬工程（石灰石の焼成工程を含む。以下同じ。）において土石又は鉱物を解放炉へ投げ入れ、焼結し、取り出し、又は鋳込みする作業（転炉から湯出しし、又は金型に鋳込みする作業を除く。）

(14)製錬工程において炉、煙道、煙突等に付着し、若しくはたい積した鉱さい又は灰をかき落とし、かき集め、積み込み、又は容器に入れる作業

(15)耐火物を用いて炉等を築造し、若しくは修理し、又は耐火物を用いた炉等を解体し、若しくは破砕する作業

(16)屋内、坑内又は車両等の内部において、金属を溶断し、アーク溶接し、又はアークを用いてガウジングする作業（屋内において自動溶断し、又は自動溶接する作業を除く。）

(17)粉状の鉱物等、粉状の製品及びフライアッシュ（湿潤なものを除く。）を乾燥し、袋詰めし、積み込み、又は積み卸す作業

＊「常時」とは、いつも行っている作業手順に従って、平常の作業を行っている時間帯をいう。臨時の作業であっても、１測定期間（最大６ヶ月の期間中）において、延べ労働時間が１００時間を越えることが予想され

る作業は、平常の作業として考える。

＊「著しく粉じんが発生し、又は飛散する作業場」とは、いつもの状態での作業を行う場所で、明らかに粉じんの発生があり、その周辺に粉じんが飛散（浮遊及びたい積）し、何らかの措置対策を講じなければ、その地域で作業する人に害を及ぼす危険性があると考えられるような高い濃度の状態をつくり出すような作業場であり、作業時間８時間のうち、鉱山労働者の立入りが延べ３０分を超える場合をいう。

＊「屋内作業場」とは、屋根又は天井及び羽目板その他の遮へい物により区画され、外気の流入が妨げられている建物の内部の作業場をいう。ただし、建屋の側面の概ね半分以上にわたって壁、羽目板、その他の遮へい物が設けられておらず、かつ、粉じんがその内部に滞留するおそれがない建屋の内部の作業場は含めなくてもよい。

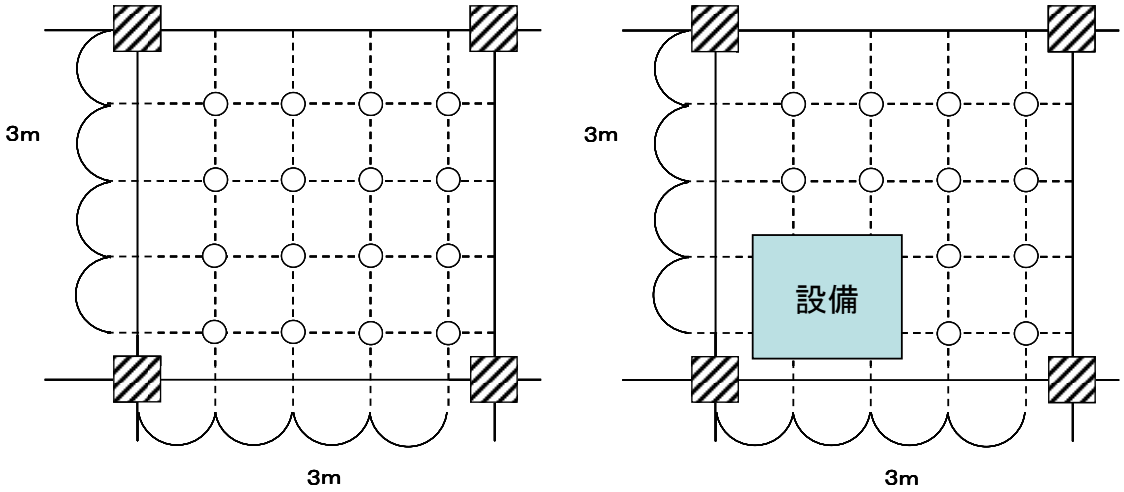
＊「湿潤なもの」とは、湧水等の環境条件の下で（高湿度環境により粉じん粒子が浮遊飛散するおそれのない場合を含む。）作業により発生した粉じん粒子の表面が濡れており、これを取り出した場合（例えば、手で強く握りしめたとき）付着水分がしみ出す程度以上の場合をいう。

＊「～する場所における作業」とは、粉じん発生源から飛散する粉じんに暴露する範囲内で行われる作業のうち、粉じん飛散の程度、作業位置、作業方法、作業姿勢等からみて、当該作業に従事する労働者がじん肺に罹るおそれがあると客観的に認められるすべての作業をいう。従って、「場所」とは、粉じん発生源から一定の距離内の区域を画一的に規定するものではない。なお、ここでいう「場所」とは、単に平面的な範囲をいうものではなく、立体的な広がりを有する範囲も含まれる。

5.2 測定点の設定

鉱山労働者に与える粉じんの影響を正しく評価するには、当該鉱山労働者が実際に吸入した粉じん量を把握することが必要であるが、多数の鉱山労働者ごとに粉じんの吸入量を実測することは、事実上困難である。

したがって、一般的には管理の対象となる単位作業場所を設定し、その中で無作為に選ばれたいくつかの測定点における粉じん濃度測定を実施し、（この測定を「A測定」という）さらに、A測定のみでは十分な管理を見逃してしまう恐れがある作業場については、A測定を補完するために、単位作業場所の中で測定点とは無関係に最も暴露を受けると考えられる場所



（平面図）　　（平面図）

（単位作業場所の場合）　（注）○印は測定点を示す　（設備のある場合）

図５－１　測定点の設定方法

と、時間帯における 10 分間の平均濃度測定（この測定を「Ｂ測定」という）とを加味して評価することが望ましい。

測定は、測定目的や測定する作業場所の実状をよく知っている人が当たり、デザインサンプリングの考え方に基づいて測定点の位置を決定する。

測定点の位置の決め方で得られた測定値の評価が左右される。

特に、片寄った粉じん気流の生じやすい現場では測定値の変動幅が大きく、結果として偏差値が高いことにもなる。

また、発じんの変動が著しく、通気量の多い現場での測定点が少ないと、偏差値が高く結果の評価に影響を与える。

一方、測定のたび毎に測定点が変更になると一貫した測定結果の評価ができなくなる。

単位作業場所での環境測定では、これらの点に留意して慎重な測定点の決定が必要となる。

5.2.1　屋内作業環境における測定点の設定

単位作業場所に、下記の事項に考慮しながら無作為に測定点を設定する。

１）　測定点の数は、単位作業場所における濃度の分布を知るのに適当な位置に、５点以上とすること。

２）　測定点は、単位作業場所の床面上に 3ｍの等間隔で引いた縦線と横線の交点とする（図５－１参照）。ただし、全体を見て縦、横の間隔を調整し直す。その場合、縦と横の間隔は違ってもよいが、縦側あるいは横側の測定間隔はそれぞれ等間隔になっているようにする。

3）　単位作業場所が直線で区切れないときは、平行線はその形にそって曲率をもってもよい（図５－２参照)。

4）　１測定点で代表できる床面積は、10 ㎡程度がよい。

5）　単位作業場所が狭い範囲で囲われている場合、あるいは発じん作業内容が全く異なっているために単位作業場所としての範囲を限定した方が良い場合がある。このような場合には、測定点の数が５未満になることがあるので、縦、横の間隔を狭める等適当な方法（図５－３参照）で測定点を５以上になるようにする。

6）　単位作業場所が前述の 5)のような場合よりさらに狭く５測定点をとることが不可能であったり、粉じん濃度が場所によって均一であり、５点の測定点で測定を行ったとしても環境管理上意味のないような場合には、単位作業場所の中の任意の測定点１カ所で繰り返し５回以上測定する。ただし、その場合も測定間隔は、等間隔になるようにする。

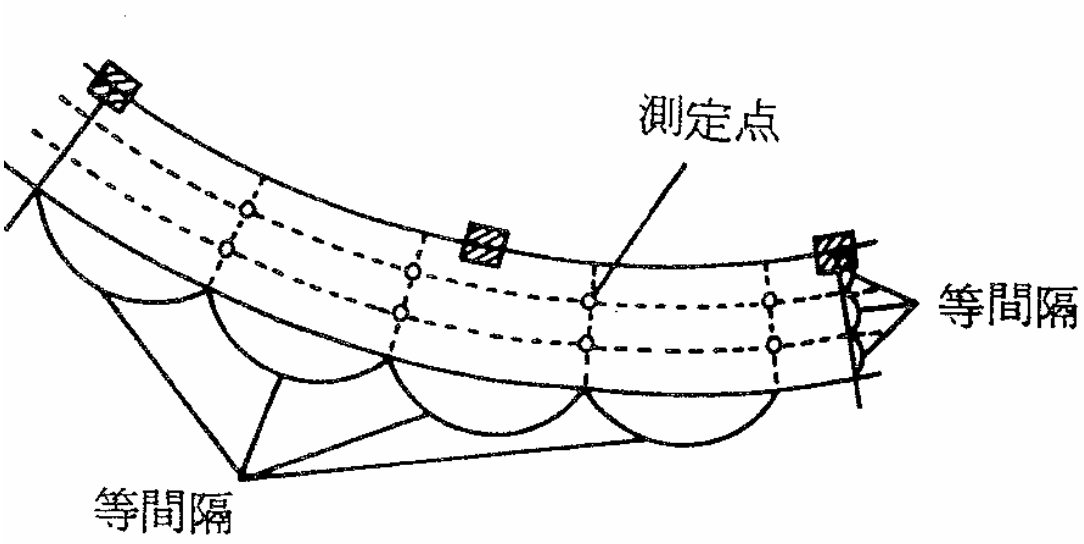


図５－２　測定点の設定方法（直線で区切れない場合）

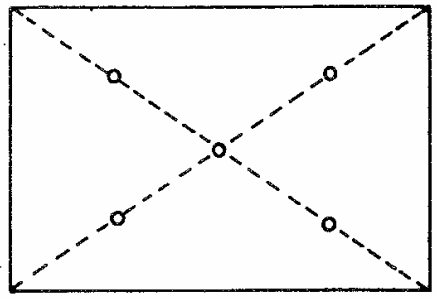


図５－３　測定点の設定方法（単位作業場所が狭い場合）

5.2.2　坑内作業環境における測定点の設定

デザイン者は単位作業場所において、下記の事項に考慮しながら無作為に測定点を設定する。

1）　坑道幅が２m以上の場合には測定点を２列とし、２m未満の場合には測定点を１列とする。ただし、粉じんの流れ等を考慮して必ずしも２列でなくても良い。

2）　坑道延長側の測定点の間隔は３mとし、等距離間隔に設定する。

3）　測定点の数は、１単位作業場所当たり５点以上、ただし、最大でも１０点を目安とする。

4）　単位作業場所が直線で区切れないときは、平行線はその形にそって曲率をもってもよい。(図５－２参照)。

5）　１測定点で代表できる床面積は、10 ㎡程度がよい。

6）　単位作業場所が狭い範囲で囲われている場合、あるいは発じん作業内容が全く異なっているために単位作業場所としての範囲を限定した方が良い場合がある。このような場合には、測定点の数が５未満になることがあるので、縦、横の間隔を狭める等適当な方法（図５－３参照）で測定点を５以上になるようにする。

7）　単位作業場所が前述の 6) ような場合よりさらに狭く５測定点をとることが不可能であったり、粉じん濃度が場所によって均一であり、５点の測定点で測定を行ったとしても環境管理上意味のないような場合には、単位作業場所の中の任意の測定点１ケ所で繰り返し５回以上測定する。ただし、その場合も測定間隔は、等間隔になるようにする。

坑道掘進作業場のデザイン方法の１例を図５－４に示す。

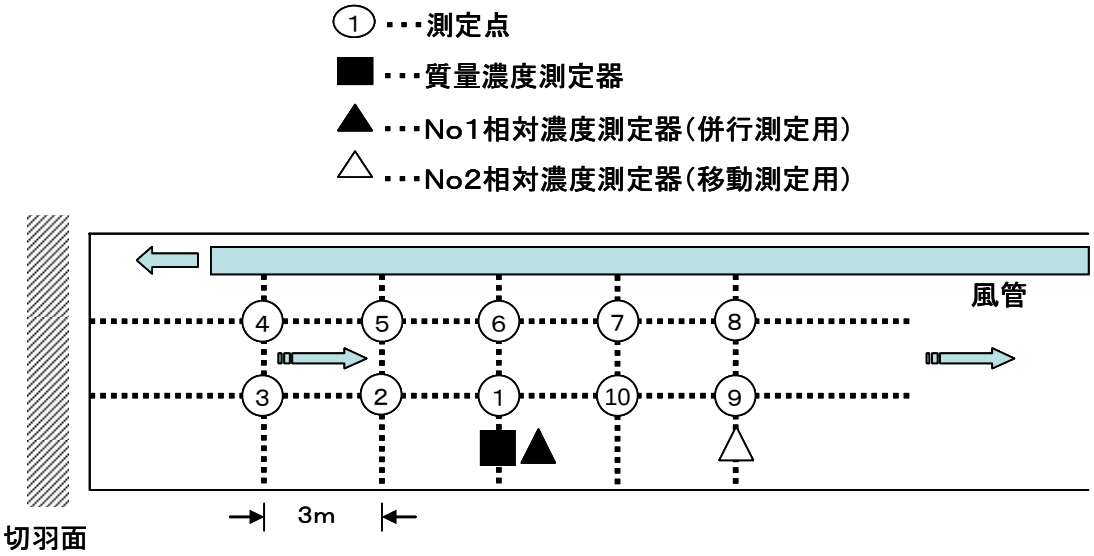


図５－４　坑道掘進作業場のデザイン方法の一例

5.3　測定日及び測定時間の設定

測定日は、あらかじめ測定対象作業現場の作業者と打合せて年間の測定計画を立て、これに基づいて実施すること。測定時間帯は、作業が通常に行われている時間帯を選んで測定すること。ただし、１日測定の場合、測定結果から環境条件を評価する際、日間変動を考慮して評価する必要がある。

5.4　デザインに関する注意事項

①　測定値の客観性が得られること（測定者の主観や恣意によって生ずる偏りを意識的に少なくすることによって得られるもの）

②　一時的な高濃度暴露の可能性の有無を推測できること

③　測定値は設定された対象に対して代表性を持つこと

作業環境測定結果からは、上記のようなことが明らかになるような結果でなければ、環境評価に用いる測定結果としては不向きであるので、十分考慮したデザインとすること。また、デザインに際し下記の事項に配慮すること。

１）　同一の区域でも、作業工程の進み具合等によって濃度が高かったり、低かったりする時間帯が予想されるような時は、異なった単位作業場所と考える。

２）　測定結果と作業現場の状況を見比べて、濃度の変動に明らかな理由が認められるときは、単位作業場所の設定を見直す。

３）　粉じん濃度の分布は、作業場の気流に大きく影響されることがあるので、単位作業場所を決める際には、作業場内の気流の影響を考慮する必要がある。

5.5　測定機器のセットの仕方

現場到着後は、各測定器類のセットを行うが、その前までに測定責任者は作業環境の状況をあらかじめ十分熟知しておく必要がある。

①　質量濃度測定器のセット

現場での測定機器のセットで特に注意を要するのは、質量濃度測定器である。質量濃度測定器は、単位作業場所及びその全測定点の位置並びに発じん作業及び粉じんの流れの状態から総合的に判断して、ほぼ平均的な粉じん濃度が得られる場所にセットする。

粉じんの流れの状態が不明の場合には、全測定点の位置から見てほぼ中心的位置にセットする。また、中心的位置が作業の支障のため選べない場合は中心的位置の近傍に設置する。

設置位置が決まったならば、三脚などにより測定器の採気口の位置が

床上の規定の高さになるようしっかり水平に固定する。分粒板も水平にセットし、その高さはたい積粉じんの再飛散による影響を受けない高さとし、1.5m程度がよい。吸引ポンプと流量計は空気漏れのないようホースで確実に接続する。

坑内作業環境での測定時は、質量濃度計の採気口は、気流方向に向けて測定を行うこと。

鉱山坑外作業環境での測定に際し、質量濃度計の採気口の向きについては特に規定はなく、気流の影響の受けるような所での測定は、できるだけ避けるように注意する。

イ．ミストの多く存在する場所での測定の注意事項

本来、相対濃度計及び質量濃度計を使用してミストのある場所において求めたK値は、ミストのないところで測ったK値に対して、大きく変動する。また、高圧噴霧等によるミストの場合その粒径によっても異なるが、ミストのない場所で得られたK値を用いてミストの多い場所の測定結果を評価すると、管理区分に影響を与えることも考えられる。

より正確な測定を得るためにミストの存在状況を考慮に入れて、質量濃度計による測定点を増やすことで対応できる。

しかし、物理的に考えてたとえば 10 測定点に対して、質量濃度計を置いて電源をとって、すべての点に置いて測定するのは難しいと考えられる。その場合には一応単位作業場を設定したときには５点以上であるので、相対濃度計で測定可能な５点をとって、その中で相対濃度計及び質量濃度計により測定をすることによりミストによる影響を軽減する事が可能である。

ロ．非常にミスト（水滴）の多い場合の測定点の適正な移動の方法

また非常にミストの多い場合（散水等による水滴状のミストが多く飛散している場合）は、測定機器に異常を生じさせることも考えられるので、測定位置を水滴状のミストの及ばない位置まで排気側に移動させることが望ましい。、この場合においてもミストによる相対濃度計のカウント数の上昇が考えられるので、上記の質量濃度計の測定点を増やす等の対応が必要である。

②　質量濃度測定器と相対濃度測定器の併行測定時のセット

質量濃度測定器と相対濃度測定器の併行測定を行う場合は、両測定器の採気口は同一平面とし、両器の間隔は空間的な濃度の変動を考慮してできるだけ近付けてセットする。

③　移動測定時の相対濃度測定器の状況

相対濃度測定器は携帯型で、機器が体の前面になるよう背負いバンド

を首にかけて、採気口が質量濃度測定器と同方向になるように向けて測定を行う。

６．測定方法（サンプリング）

作業環境測定結果から、測定対象の作業環境評価を行うためには、鉱山保安法施行規則に基づき経済産業大臣が定める基準等によりＡ測定及びＢ測定の２種類の測定方法が定められている。

6.1　A測定

Ａ測定は、作業場における粉じん濃度の平均的な状態を把握するために行うものであり、作業者の時間荷重平均暴露濃度の測定ではないことに注意すること。

測定に当たっての条件として、①測定時間は 60 分以上とすること　②測定点間の測定時間は等時間間隔であること　③測定点間の間隔は等距離間隔に設定すること。

以上の３原則を厳守すること。

測定の概略は、次のとおりである。

１）Ａ測定の基本型測定法

基本型測定法は、質量濃度計１台と相対濃度計２台を用いた測定法である。質量濃度計１台と相対濃度計１台（№１）とで測定時間中に同時併行測定を行い、単位作業場所の質量濃度変換係数（以下「Ｋ値」という。）を求める。残りの１台の相対濃度計（№２）で測定時間中に等時間間隔で各測定点の測定を行い、幾何平均値を求める方法である。

基本型測定法の概略は、図６－１に示すとおりである。ただし、ｎは測定点の数、①、②、③～ⓝは測定点である。また、（ｔ／ｎ）より区切りのよい時間を決め、その時間の等時間間隔で、各測定点において１分間の相対濃度の測定を行う。その場合の測定時間ｔは、60 分を越えていることが必要である。

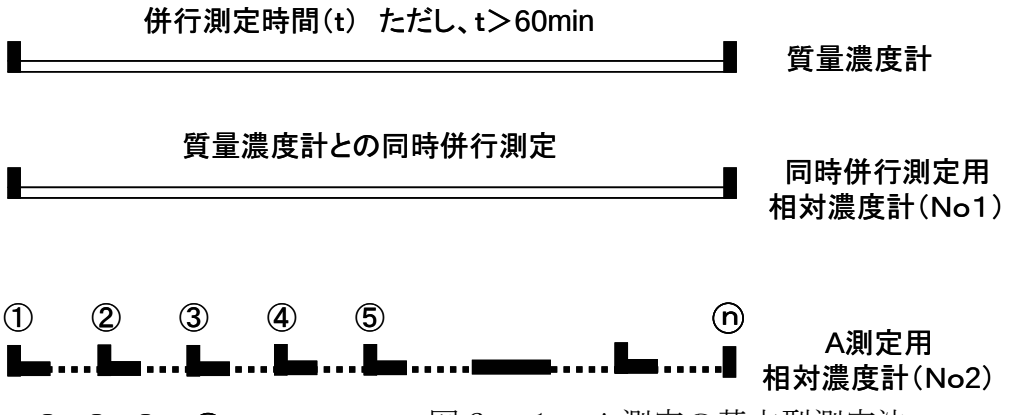


図６－１　Ａ測定の基本型測定法

２）Ａ測定の応用型測定法

応用型測定法は、質量濃度計１台と相対濃度計１台を用いた測定法である。質量濃度計１台と相対濃度計１台とで、測定時間中に併行測定と、等時間間隔で測定点での相対濃度測定を同時に行う方法である。単位作業場所のＫ値は、測定時間中に等時間間隔で測定点の測定を行っている間の時間（測定点①の測定が終わり測定点②で測定を開始するまでの間の時間）に質量濃度計を設置した測定点に戻って、質量濃度計と併行測定を行い求め、測定時間中に等時間間隔で各測定点の相対濃度測定を行い幾何平均値を求める方法である。ただし、この方法はあくまでも応用型であるため、原則として相対濃度計を１台しか購入していない場合か、故障等何らかの都合により１台しか使用できないような場合等に限る。

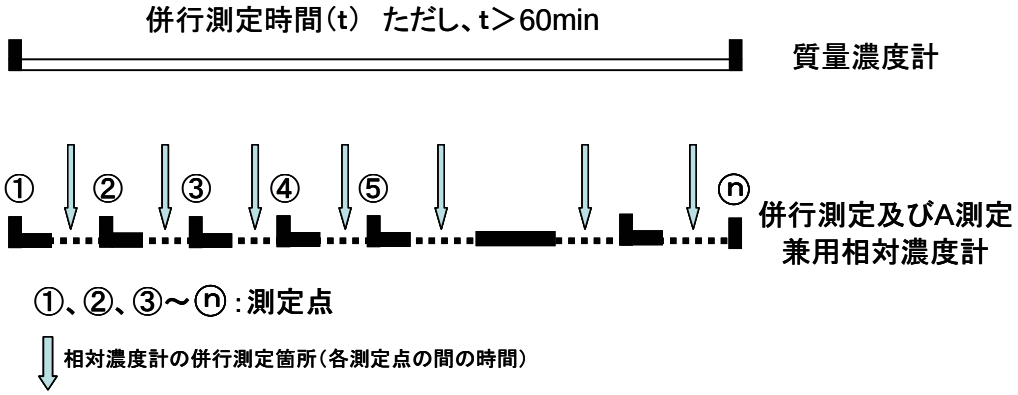


図６－２　Ａ測定の応用型測定法

応用型測定法の概略は、図６－２に示すとおりである。ただし、ｎは測定点の数、①、②、③～ⓝは測定点である。また、ｔ／ｎより区切りのよい時間を決め、その時間の等時間間隔で測定を行う。測定点①から測定点②の間の時間帯で併行測定を行う。同様にして、測定点間の時間帯で必ず併行測定を行う。その場合の全測定時間ｔは、60 分を超えていることが必要である。

次に、各併行測定により得られた相対濃度Ａ１（count）、Ａ２・・・・・Ａｎの合計Ａ（count）を併行測定に要した時間ｔｎで除した値Ｒ（Ａ／ｔｎ）と質量濃度計より求めた質量濃度（Ｃ）より、測定作業場のＫ値（Ｃ／Ｒ）を求め、各測定点での相対濃度値に乗じて幾何平均値を求める。

３）Ａ測定の簡易測定法　（坑内作業場所にかぎる）

イ．同一作業場所で短時間に異なる作業が行われる場合

粉じん測定は作業が定常的に行われている時間に行うこととなっているが、坑内作業場の場合、短時間で異なる作業が行われる単位作業

場所が存在する、この場合、一連の作業を通して測定を実施し、その評価を行った結果σ_1（１日測定値）が３を超えるような場合は、作業ごとに異なった単位作業場所として測定を実施する必要がある。この際、各単位作業場所ごとに質量濃度計による測定を実施することとなるが、作業が短時間に行われるため、試料採取時間を十分に採ることが困難な場合は、Ｋ値は一連の作業を通した測定で求めたものを使用することも可能である。（Ｋ値を求める方法についてはⅢ．２．１．２で説明）また、個別の作業場についての対策が取れない場合は、次回の測定以降､最も粉じん濃度の高い作業時における測定結果を持って、当該単位作業場所を評価しても良い。この際、当該作業場所における作業状況に変更がある場合は、一連の作業を通した測定を実施して粉じん濃度の確認をする必要がある。

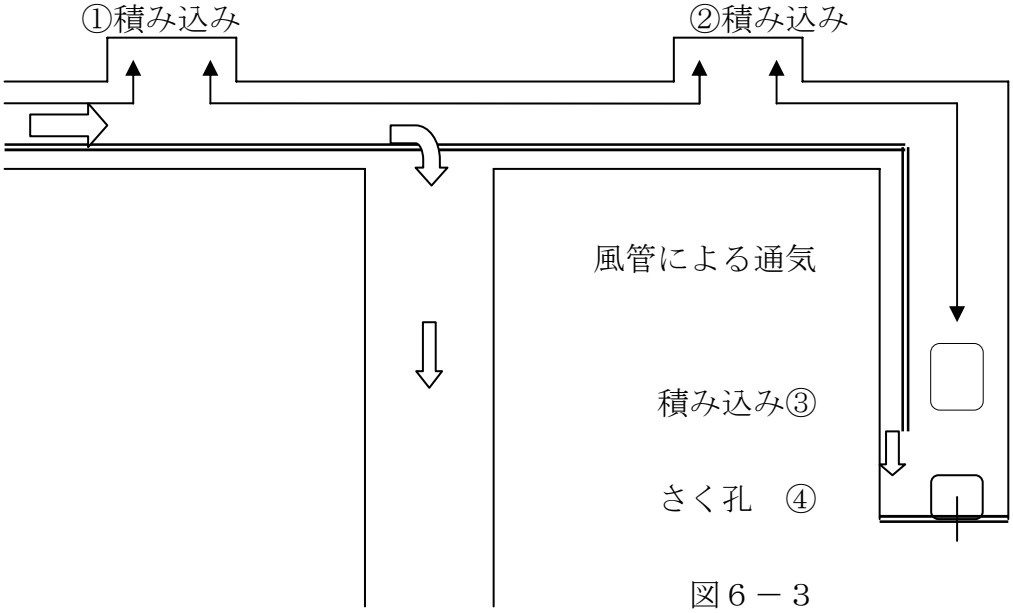


図６－３

・②③④の作業については、一連の作業として一つの単位作業場として考えて良い。
・この場合測定値にばらつきが出る事が考えられるので、その場合はイの考え方により同一のＫ値を用いて②③④の作業ごとに評価を行う。
・風管による通気改善等一連の作業場としての改善策が取られる場合は、その後の評価は最も結果が悪くなる作業の測定結果をもってこれら一連の作業場の測定値として支障ないと考えられる。
・①については主要通気内にあり、風管による通気が行われている②③④とは異なるので別の作業場として評価する必要がある。例えば①が第３管理区分の場合は主要通気側での対策の検討が必要である、①が

第１管理区分で②③④が第３管理区分の場合は、局部通気の改善等の対策を検討する必要があるので、対策の立案上も①における測定は必要であると考えられる。

ロ．一連の通気系統内での作業

一連の通気系統内にあり、同一作業又は同一岩質内における関連作業を実施する複数の作業場は、一まとめにして一つの単位作業場所として評価することが出来る。ただし、測定値にばらつきがある場合は上記イの対応を取る必要がある。

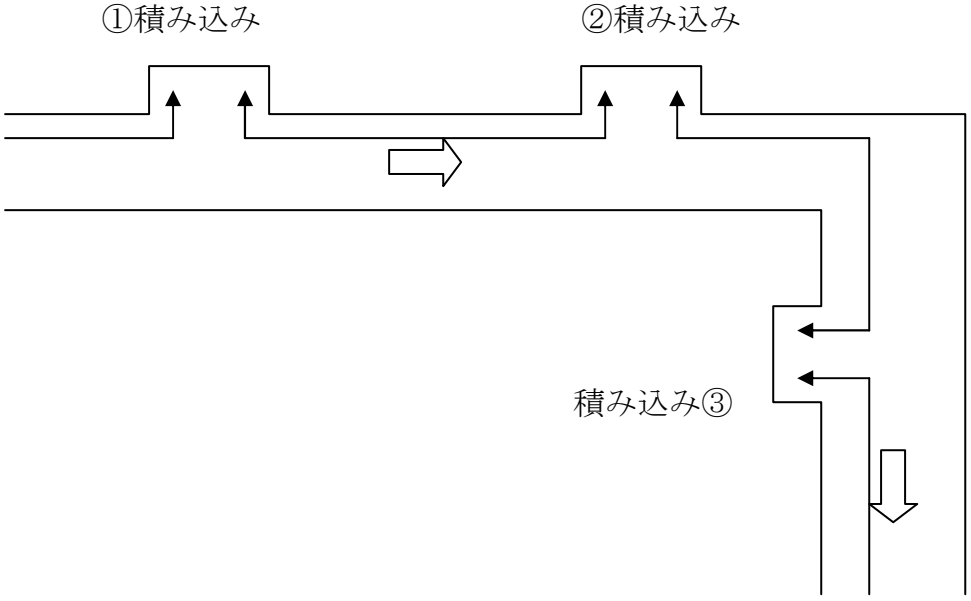


図６－４

・①②③の作業については、一連の作業として一つの単位作業場として考えて良い。
・測定値にばらつきのある場合には、同一のＫ値を用いて①②③の作業ごとに評価を行う。
・評価結果は風下である③の結果が最も悪くなることが考えられる、今後種々の対策を講じることとなるが、その効果は③の作業場を測定することにより把握できると考えられるので、③の作業場の測定結果をもってこれら一連の作業場の測定値として支障ないと考えられる。

同一のＫ値を使用する場合には下記の点に留意する必要がある。

①　同種の測定器を用いる場合にのみ有効であるとする。

② 質量濃度の測定には、必ず吸湿性の影響の少ないろ紙（例えばＴ６０Ａ２０）を用いて粉じんを捕集し、あわせて原則として読取限度0.01ﾐﾘｸﾞﾗﾑ以下の電子天秤を使用することとする。

なお、粉じん測定開始当初には、Ｋ値を決定するための測定データが少ないので、併行測定を必要とする単位作業場所は複数設けることとする。ただし、過去に測定したデーターがある場合は、この限りでない。

6.2 Ｂ測定

Ｂ測定は、Ａ測定だけでは大きな暴露濃度の危険を、見逃す恐れが高いと判断される場所における測定で、Ａ測定を補完するための測定である。そのために、粉じん発生源に近接した作業位置における、最高濃度を知ることができる測定点を設定して測定する。このＢ測定は、あくまでも暴露濃度の測定ではないことに注意する。測定時間は１０分間である。

6.2.1 Ｂ測定の測定方法

１） Ｂ測定は、Ａ測定を実施する単位作業場内の生産工程、作業様式及び粉じんの飛散状況等から判断して、当該粉じんの濃度が最大になると考えられる場所及び時間において実施する。

２） 粉じん濃度が最大となると考えられる作業がＡ測定の実施時間内に行われない場合には、Ｂ測定は、Ａ測定の実施時間とは別に、そのような作業が行われる時間に実施する。

３） Ｂ測定のサンプリング時間は１０分間とする。

４） Ｂ測定のサンプリング方法、分析方法はＡ測定と同じ方法を用いる。

５） Ｂ測定に相対濃度計を用いる場合は、粉じん計を１０分間連続して作動させる。

６）相対濃度計を用いてＢ測定を行う場合の質量濃度変換係数は、その単位作業場所で行われたＡ測定の質量濃度変換係数を使用する。

6.3 測定時の注意事項

6.3.1 測定中の注意事項

粉じん測定作業に従事する場合は、防じんマスクを着用して行うこと。測定を行っているときは、下記のことに注意しながら測定を行うこと。

１） 坑内作業環境での測定時は、質量濃度計の採気口を気流方向に向けて測定を行うこと。

鉱山坑外作業環境での測定に際し、質量濃度計の採気口の向きについては特に規定はないが、気流の影響を受けるような所での測定は、

できるだけ避けるように注意する。

2）　多段分粒装置サンプラーの場合、多段分粒装置の分粒板（平行板）が水平に保たれる状態でサンプリングが行われるように特に注意する。

3）　サンプリング時間は、捕集された粉じんの秤量の精度を考慮して、捕集粉じん量が０．２mg（天秤感度の２０倍）以上になるようにする。

4）　サンプリング開始直後に、質量濃度計の吸引流量が所定の流量であることを流量計により確認する。

5）　サンプリング時間中、流量計を監視して試料空気吸引量が使用する分粒装置に規定されている流量に保たれるようにする。

6）　相対濃度計のカウント数が表示最大値（9,999 ｶｳﾝﾄ）を超えるようなときは、総カウント数に誤りがないように注意する。

7）　相対濃度計で測定点で測定する時、各測定点での測定時間間隔を一定にする。

8）　質量濃度計と相対濃度計により同時併行測定を行う場合、双方の濃度計を同時に作動さ、サンプリング時間を測定する。サンプリングが終了したら、実際のサンプリング時間と相対濃度計の総カウント数を記録する。

9）　捕集後、ろ紙の番号を再確認し、記録用紙から測定場所と違っていないことを確認する。

10）　質量濃度の測定にハイボリュウムサンプラーを用いるときは、次の点に注意する。

①　分粒装置部分の採取粉じん量が多くなると、捕集部分からの再飛散が起こる可能性があるので注意すること。

②　ろ過捕集部分での採取粉じん量が多くなると、測定中吸引量の低下が起こるので、測定中はフローメーターを監視し、流量調整しても流量の低下が認められた場合は直ちに測定時間を記録した後、サンプリングを中止すること。

11）　質量濃度の測定に慣性衝突型サンプラーを用いるときは、次の点に注意する。

①　粉じん測定を行う前に、ヘッドの内壁部分に前回測定時の粉じんが付着していることがあるので、必ずヘッドの内壁部分を清掃してから、測定を行うこと。

②　分粒装置部分の採取粉じん量が多くなると、捕集部分からの再飛散が起こる可能性があるので注意すること。

③　あらかじめ、差圧計により圧力損失による差圧目盛り値と、その時のろ過捕集部分に採取された粉じん量との関係をグラフ化

しておくと、差圧目盛り値から測定時のおおよその粉じん採取量が分かり、秤量及び遊離けい酸定量のための有力な手がかりとなり、便利である。

12) 相対濃度測定器（ＬＤ－１Ｅ型使用の場合）で測定中同数値が連続表示される場合は､次のような状態になっていることがあるので注意すること。

① 移動測定時、レンジが×１の場合で粉じん濃度が高く、１分間の指示値がスケールアウトの場合は、カウント指示値に同じ数値が連続指示（1,200～1,400cpm）するので、事前に濃度チェックしてレンジを選択の上、測定を実施すること。

×１０レンジで測定する場合の表示値は１０倍にすること。また、×１０のスイッチを押すとパイロットランプが点灯するので確認すること。

② レンジの×１と×１０では機能が異なるので、測定中のレンジ切替えは行わないこと。

③ 測定器本体の左側面の感度合わせ用ノブが測定時は(MEASURE)（ノブが出た状態）の位置で行うが、もしノブが(SENSI.ADJ)（ノブが押し込んでいる状態）の位置にある場合は、標準錯乱板値（ケースの内側に表示してあり、機器によって数値が異なる）と同数値が連続表示されるので確認すること。

④ 測定時は採気口を引き上げて行うが、もし引き上げずに測定を行った合、器内が汚れている場合は 20cpm 以内程度、汚れていない場合は数 cpm 程度の値が連続して表示されるので確認すること。

6.3.2 併行測定の際の注意事項

併行測定に際しては、下記の事項に注意して測定を行うこと。

１）併行測定点の位置

発生源からの距離により粉じんの粒径分布が異なる。粒径分布は質量濃度変換係数Ｋ値に影響を及ぼすことが考えられるので、当該単位作業場所の粉じんを代表できる位置で併行測定を行うことが大切である。そのためには、発生源から放出される際に粒子が持っている慣性の影響を直接受けるような発生源に近い場所や、主要な発生源からの粉じんがほとんど浮遊していないような発生源から離れすぎた場所では、併行測定を行わない。

２）機器の並べ方

相対濃度計の空気の吸入口と多段分粒装置又は慣性衝突型分粒装置の空気の吸入口は、空間的な濃度のムラによる誤差を少なくするためでき

るだけ近付けるようにする。

７．測定後の処理及び注意事項

7.1　フィルターの秤量

通常の場合、測定後のフィルターはデシケーター等に保存し、秤量時に測定前の秤量と同じ手順で秤量を行う。ただし、防じん対策等の目的で噴霧散水を行っているような単位作業場所で測定したフィルターの場合は、測定後、恒温乾燥器等で約 100℃で１時間程度の強制乾燥を行った後、デシケーター等に保存し、測定前の秤量と同じ手順で秤量を行う。

7.2　測定機器の手入れ

粉じん濃度、特に、相対濃度計は精密機器と同じであるので、その取扱いは丁寧に行う必要がある。さらに、測定場所の粉じん濃度が著しく濃い場合は、できる範囲で分解等を行い手入れをし、測定器に取り込まれた粉じんが次の測定の時に影響を及ばさないようにしておくことが必要である。

7.3　相対濃度粉じん計の較正

相対濃度粉じん計は微量濃度の計測に用いるものであり、所要の能力及び精度が確保されるようその整備及び管理については十分な注意が必要である。そのために、標準粒子を浮遊させた試料を用いて較正する必要がある等の理由により鉱山で較正することは極めて困難であるので、年に１回以上は較正能力のある業者等に較正の依頼を実施することが望ましい。

7.4　測定データーの整理

測定データーの整理は、測定終了後直ちに行うこと。粉じん濃度測定記録用紙の例を表７―１(1)及び表７―１(2)にそれぞれ示す。

また、各記録表への記載要領を表７―２に示す。表７―１(1)は、粉じん濃度測定の結果を記録する用紙で、この記録用紙を見ればおおよその測定作業場の環境状態が分かるような内容になっている。

表７―１(1)の記録だけでは、状況が不足していると思われた場合は、表７―１(2)の相対濃度デジタル計数値及び作業状況表より、測定時の状況を理解し、測定結果との整合性について検討を行う。

表７－１（１）粉じん濃度測定記録表の例

粉塵濃度測定記録表

鉱山名		鉱種		測定機関名		デザイン及び測定者名	
測定場所							
作業の種類		鉱山労働者数		鉱山労働者　　名　計　　名			
測定機器名(ﾒｰｶｰ,型式	質量濃度計				相対濃度計		
遊離けい酸	含有率(%)		試料種類		岩種	分析方法	
使用ろ紙			使用天秤		読取限度	遊離けい酸分析依頼年月日	
測　定　年　月　日			1日目		2日目	遊離けい酸分析結果報告年月日	
測　定　時　間			～		～	分析機関	
条	温度（℃）					測定機器（LVS採気口）の高さ(m)	
	湿度（%）					・作業者の平常作業時間（暴露時間）	
件	風速（m/sec）						
Ｌ	捕集流量ｑ（l/min）						
Ｖ	捕集時間ｔ１（min）						
Ｓ	捕集空気量Q=q×t1/1,000(m3)						
併	デジタル計数値計Ｄ（cpm）						
	計数時間計t2(min)					・管理状況（巡回状況、日誌等）	
行	ﾃﾞｼﾞﾀﾙ実測計数値R=D/t2(cpm)						
捕集前のろ紙重量W1(mg)							
捕集後のろ紙重量W2(mg)							
捕集粉じん量W=W2-W1(mg)							
空気中の粉じん濃度C=W/Q(mg/m3)							
質量濃度変換係数K=C/R			K1		K2		
測定時の作業状況	主な使用機械の仕様						
	主な粉じん発生作業の内容						
測定時の粉じん防止対策の実施状況（名称、能力、規模、台数等）							

表７－１（２）相対濃度デジタル計数置及び作業状況の例

測定場所名:

	測点No	相対濃度(cpm) 測定時間	r=読値	Ri=r-Dc	Xi=logRi	Xi^2=logRi^2	並行測定(cpm) 測定時間	測定点No r=読値	#REF! Ri=読値-Dc	ﾀﾞｰｸｶｳﾝﾄ Dc= cpm
1日目										合計 Σ Xi= Σ Xi^2=
2日目										合計 Σ Xi= Σ Xi^2=

項目		測定時の粉じん濃度測定時間・粉じん発生作業・粉じん防止対策等の状況
1日目	質量濃度測定	
	相対濃度測定(併行)	
	相対濃度測定(移動)	
	粉じん発生施設	
	粉じん防止施設	
	粉じん防止施設	
2日目	質量濃度測定	
	相対濃度測定(併行)	
	相対濃度測定(移動)	
	粉じん発生施設	
	粉じん防止施設	
	粉じん防止施設	

表７－２(1) 粉じん濃度測定結果記録記載要領の例

Ⅰ　第１表　（粉じん濃度測定記録表）

１．測定箇所名……鉱山における固有の名称を記載すること。
２．測定機器名・使用台数……同一機器を２台以上所有している鉱山では、№.と共に使用台数を記入すること。
３．使用した天秤……ろ紙及び衝突板の質量測定に使用した天秤の種類並びに天秤感度（０．１mg 又は０．０１mg 等）を記入すること。
（注）簡易測定法で代表単位作業場所のＫ値を用いる場合は、０．０１mg 感度の天秤を使用すること。
４．使用ろ紙……メーカー名及び型番号を記入すること。
５．遊離けい酸含有率
（１）　試料の種類……浮遊粉じん、たい積粉じん、その他（例えば原石等）を記入のこと。
（２）　分析方法……りん酸法、Ｘ線回折法の内いずれかを記入すること。
（３）　岩種……測定場所における発じんしている主な岩質（石灰、頁岩、砂岩、砂質頁岩等）を記入すること。
６.鉱山労働者……当該作業場に直接従事している全作業者数を記載すること。第１日目と第２日目の人員数が異なる場合は第２日目を（　）で記載すること。
７．作業の種類……さく孔、積込、運搬、ボーリング、鉱物のクラッシング、その他
８．主な使用機械の仕様
（１）　粉じん発生の要因となっている使用機械の名称、型式、出力及び台数等を記載すること。
（２）　第１日目と第２日目で使用機種等が異なる場合は、第１日目と第２日目を区別して記載すること。
９．測定条件……温度、湿度、風速は、測定場所における平均的な測定値を記載すること。
１０．記録表中の測定結果の記入は、各単位（ℓ／min、mg 等）に注意し、（　）内の計算式にしたがって計算し記入すること。

表７－２(2) 粉じん濃度測定結果記録記載要領の例

Ⅱ．第２表（相対濃度デジタル計数値及び作業状況）

１．代表単位作業場所の測定時

Ａ．基本型（ﾛｰﾎﾞﾘｭｳﾑｴｱｻﾝﾌﾟﾗｰ×１台、相対濃度計×２台使用）

（１）併行測定

①．ﾛｰﾎﾞﾘｭｳﾑｻﾝﾌﾟﾗｰ測定時間……測定開始及び終了時間と、その測定延べ時間を記入すること。

②．相対濃度計１号機……全時間併行測定値を併行測定記入欄の合計欄に測定時間と総カウント数を記入し、併行測定時の測定値欄に［カウント数／測定時間（分)］＝ｃｐｍを記入する。

（２）相対濃度……相対濃度計２号機を使用して各測定点で測定した相対濃度値Ｒｉ（ｃｐｍ）を記入しlogＲｉ及び(logＲｉ)^{2}を計算し、それぞれ合計して記入する。(例：測定点が１０点とすると６分間隔)

Ｂ．応用型（ﾛｰﾎﾞﾘｭｳﾑｻﾝﾌﾟﾗｰ×１台、相対濃度計×１台使用）

（１）併行測定

①．ﾛｰﾎﾞﾘｭﾑｳｻﾝﾌﾟﾗｰ測定時間……測定開始及び終了時間と、その測定延べ時間を記入する。

②．相対濃度計１号機……例えば測定点が１０点とすると、５分間の併行測定を１０回行いその値を記入する

（２）相対濃度……上記の５分間の併行測定後、測定点①で１分間の相対濃度測定を行う。

その後再度５分間の併行測定を行い、次は測定点②で１分間の相対濃度測定を行う。これを順次繰返し測定点⑩で終了するが、その相対濃度測定値を記入する。

２．簡易測定（相対濃度計×１台のみ使用）

ﾛｰﾎﾞﾘｭｳﾑｻﾝﾌﾟﾗｰは使用せず相対濃度計×１台のみで測定を行う。（Ｋ値は代表単位作業場所の測定で求めた値を使用）

従って、各測定点における相対濃度のみを測定し記入計算する。今、測定時間をｔ（１時間以上）とし、測定点数をｎとすると、ｔ／ｎより区切りのよい時間を決め、その時間の等時間間隔で測定を行う。(例えば測定点が１０点とすると、６０／１０＝６分間隔を置いて次の測定点の１分間の相対濃度測定を行い記録する。

３．同表の下欄の測定・作業状況表は、タイムスタデー表を作成する。

８．遊離けい酸含有率の測定

8.1　遊離けい酸

遊離けい酸とは、けい酸塩鉱物を構成する結合けい酸に対応するもので、けい素が酸素と３次元的に結合していて、他の元素とは科学的に結合していない状態の鉱物（SiO_2）のことであり、次のような鉱物種が知られている。

石英（α，β）、トリジマイト（α，β）、クリストバライト（α、β）等作業環境における粉じん中の遊離けい酸は石英が大部分で、他のものは量的には著しく少ない。石英が長時間高温に曝されるとトリジマイトやクリストバライトに転移する。造岩鉱物のうち、玉ずい、メノウ、フリント及び碧玉等は、石英の微細結晶が集まったものであり、また、たんぱく石（オパール）及びけい藻土は、$SiO_2 \cdot H_2O$という組成であるが、労働衛生ではこれらの総体を遊離けい酸として取り扱っている。

一般に、化学組成を「$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$」（正長石）、「$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$」　（ソウ長石）、「$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$」（滑石）、「$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$」（カオリン）等のように表すことがあるが、これらのSiO_2は他の元素と科学的に結合しているので、遊離けい酸ではない。

8.2　遊離けい酸の採取

粉じん中の遊離けい酸の含有率（以下「Q値」という。）の測定については、粉じん濃度の測定時に分粒装置付ローボリュウムサンプラー等でろ紙に採取された吸入性粉じん中の遊離けい酸含有率をＸ線回折法で測定することが基本であるが、十分な量の浮遊粉じんを採集することが困難な場合等には、たい積粉じんの再発じん法又は液層沈降法により粉じん中の遊離けい酸の含有率の測定を行うことができることとする。

なお、後者による測定法では遊離けい酸含有率が高く出るケースが多く認められるので、遊離けい酸含有率の高い作業場所においては、サンプリングには時間がかかるが前者の方法による、より実態に近い形での測定を実施することを推奨する。

たい積粉じんを採取する場合は、測定対象単位作業場所の梁や設置機械の上部等にたい積している粉じんを、刷毛等を用いてビニール袋に採取する。ただし、あらかじめたい積粉じん採取用ビニール袋には目開き 200 メッシュ（74μｍ）標準フルイを取り付けておき、その標準フルイを通して採取する。ビニール袋には、必ず採取日時、場所等を記入しておくこと。

採取したたい積粉じんはデシケーターの中で乾燥の後、遊離けい酸定量用試料として用いる。

8.3 分粒特性の変更に伴う措置

X 線回折法で粉じん中の遊離けい酸含有率を求めていた場合、分粒特性の変更に伴い、粉じん中の遊離けい酸含有率が異なるため、新たに、遊離けい酸含有率の測定をやり直すこと。

りん酸法については、従来通り、液相沈降法にて 10μm 以下にした試料について定量を行う。

8.4 Q値が明らかな場合

鉱山保安法施行規則の規定に基づき、粉じんに係る土石、岩石又は鉱物中のQ値が明らかな場合にはQ値を測定しないことができることとなっているが、これは、原材料である鉱物等若しくはたい積粉じんの中に含まれるQ値が分析、成分表示等により判明している場合又は過去に空気中の粉じんのQ値を測定し、その後使用原材料、作業の態様等が変わっていない場合等に適用できる。

９．その他の測定

9.1 個人サンプラーによる測定

坑外（屋内作業場以外の場所を含む）及び坑内において、作業員が一つの粉じん作業場内のみで作業するのではなく、多くの作業場を巡視点検する等の作業がある。このような作業の場合、一つの粉じん作業場では短時間の暴露であっても、延べ労働時間でみるとかなり暴露する場合も想定される。

巡視点検作業等についての測定については、作業員が随所を移動することから、暴露箇所の特定ができないため対応策を立てにくい等の問題があるが、鉱山の実情を把握した上で、個人サンプリングによる測定方法の導入又はＢ測定（６．２参照）の考え方を参考にして、巡視点検作業範囲において、粉じん濃度が最大となる作業位置又は時間に濃度測定を実施する方法が考えられる。

なお、当該作業については現状では実態が十分に把握されていないことから、今後鉱山において実際の測定を行うことにより、鉱山の実情把握に努める必要がある。

個人サンプラーによる測定には、２つのタイプがある。

１） リアルタイムに粉じん濃度変動状況が測定できる測定器

測定器はパーソナル・ダストサンプラー２型（以下、ＰＤＳ－２型と略す）に代表されるが、これが準備できない場合はデジタル粉じん計ＬＤ－３Ｋ２型でも同等の測定を実施することが可能である。

ＰＤＳ－２型（ＬＤ－３Ｋ２型）は、リアルタイムに粉じん濃度変動状況が把握できるため、作業タイムスケジュールと合わせてみると、どの時間のどの作業で最も高い粉じん濃度に暴露したかが一目瞭然に分かる。そのため、巡回時に於いてどこを対策すれば良いかが簡単に把握できる。当該測定における評価の指標としては作業環境の測定であることから、管理濃度を使用することが適当である。（また、Ｋ値については、鉱山における代表的な単位作業場において求めておくことが必要である。）

２） フィルターを装着した個人サンプラー

フィルターを装着した個人サンプラーを襟元の呼吸域に固定し、粉じんを捕集し、粉じんの暴露濃度を求める測定器である。

従来型の個人サンプラーによる質量濃度から対策に結びつけるのは、どの時間のどの作業で最も高い粉じん濃度に暴露したかが把握できないために、難しいと考える。こうした場合、Ｂ測定の考え方を個人サンプラーにも取り入れ、巡回点検作業場毎に、個人サンプラーを装着し、１０分間測定を実施し、得られた粉じん濃度をＢ測定の測定値と考えて評価し、その評価に応じた対策を実施する。

個人サンプラーで得られた粉じん濃度結果を単位作業場所の評価に用いる場合、単位作業場所の何人のどの作業者に何時間個人サンプラーを装着するかなど複雑な問題を解決しないと複雑な評価式を使用できないことから、個人サンプラーによる測定は、巡回点検時のように単位作業場所の設定が困難な作業形態にとどめておくことが必要である。

9.2 法定測定の間における補完測定

６ヶ月以内に１回の測定が鉱山保安法施行規則で義務づけられている（以下「法定測定」と言う）が、坑内作業場は粉じんの飛散条件（地質、作業空間の形態等）が変化していくことから、これに対応した、より正確な作業環境を把握する必要がある。

６ヶ月以内に当該粉じん作業場の作業形態等が大きく変化した場合には、新しい単位作業場所であるとの考えの下に、新たに測定を実施する必要がある。

また、作業形態が大きく変化しない場合でも、質量濃度計による６ヶ月毎の法定測定の他に、相対濃度計による測定を補完的に実施することは、常にその環境を維持しているかどうかを確認しながら作業ができる利点があることから、坑内環境をより正確に把握する上で特に有効であると考え

られる。

坑内作業場における自主的な作業環境の把握方法として、次のような測定手法が考えられる。

１）測定位置

法定測定点の内で代表的な３点を選び出して測定を行う。

２）測定時間帯

空気中の粉じん濃度が最も高くなる粉じん作業について、当該作業が行われている時間に行う。

３）測定時間

一測定点における測定時間は、１０分以上の継続した時間とする。

４）測定方法

測定方法は相対濃度計により行う。

５）測定結果の評価

特に基準は設けないが、法定測定時の測定結果と比較して、相対濃度計の指示値に５０％以上の上昇傾向が認められるときは、作業環境が悪化している可能性が考えられるので、発じん防止対策、通気量の状況等を確認する必要がある。

また、必要に応じて法定測定の方法による測定を実施することも考えられる。

Ⅲ．粉じん濃度の求め方及び測定結果の評価法

１．質量濃度粉じん計による測定値計算法

1.1　幾何平均値及び幾何標準偏差の求め方

Ａ測定による作業環境測定結果から、幾何平均値（Ｍ：２日間測定の幾何平均値、Ｍ１及びＭ２：１日目及び２日目の幾何平均値；mg／m³）及び幾何標準偏差（σ：２日間測定の幾何標準偏差、σ１及びσ２：１日目及び２日目の幾何標準偏差）は、以下の方法により求める。

1.1.1　２日間測定の場合

第１日目の各測定点における質量濃度の測定値をC_{11}（mg／m³）、C_{12}(mg／m³)、・・・・C_{1n}（mg／m³）とし、それぞれの対数x_{11}、x_{12}、・・・・・x_{1n}を求める。

$$x_{11}=\log C_{11}、\ x_{12}=\log C_{12}、・・・・x_{1n}=\log C_{1n}$$

第１日目の幾何平均値（Ｍ１）を次式より求める。ただし、ｎは測定点数である。

$$\overline{x}_1=\frac{1}{n}(x_{11}+x_{12}+・・・+x_{1n})$$

$$M_1=10^{\quad}\quad(mg／m^3)$$

第２日目の測定値をC_{21}（mg／m³）、C_{22}（mg／m³）、・・C_{2n}（mg／m³）とし、第１日目と同様にして第２日目の幾何平均値（M_2）を次式より求める。

$$\overline{x}_2=\frac{1}{n}(x_{21}+x_{21}+・・・+x_{2n})$$

$$M_2=10^{\overline{x}_2}\ (mg／m^3)$$

$\overline{x}$１と$\overline{x}$２より２日間測定に対する幾何平均値(M)を次式により求める。

$$\overline{x}=\frac{1}{2}(\overline{x}_1+\overline{x}_2)$$

$$M=10^{\overline{x}}\ (mg／m^3)$$

第１日目の測定値から幾何標準偏差（σ_1）を次式により求める。

$$\log\ \sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left(\Sigma x_{1i}^2 - n \cdot \overline{x}_1^2\right)}$$

第２日目の測定値から幾何標準偏差（σ_2）を次式により求める。

$$\log\ \sigma_2 = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left(\Sigma x_{2i}^2 - n \cdot \overline{x}_2^2\right)}$$

ただし、Σx_{1i} 及びΣx_{2i} は、１日目及び２日目の各測定点での質量濃度値の対数の二乗値の総和である。

$\log\ \sigma_1$ と $\log\ \sigma_2$ より２日間測定に対する幾何標準偏差（σ）は、次式のように表される。

$$\log\ \sigma_2 = \sqrt{\frac{\log^2 \sigma_1 + \log^2 \sigma_2}{2} + \log^2 \sigma_D}$$

ただし、$\log^2 \sigma_D$ は日間変動であり、次式により求める。

$$\log^2 \sigma_D = \frac{1}{2}\left(\log M_1 - \log M_2\right)^2$$

1.1.2　１日測定の場合

作業状況等から１日だけしか測定ができない場合がよくある。そのような１日だけの測定の場合は、１日だけの測定結果を２日間測定結果の１日目の場合と同様な操作を行い、M_1及びσ_1を求める。１日測定の場合には、幾何平均値M_1は$M = M_1$として扱うが、幾何標準偏差σ_1は次式で示す式を用いなければならない。

$$\log\ \sigma = \sqrt{\log^2 \sigma_1 + 0.084}$$

２．相対濃度粉じん計による測定値計算法

2.1 質量濃度変換係数（K値）の求め方

測定対象の単位作業場所において質量濃度変換係数（以下「K値」という。）を求める場合、質量濃度計と相対濃度計との併行測定を行い、K値を求めるのが一般的である。

しかし、相対濃度計の検査表に記載されているK値は、相対濃度計（ＬＤ－１Ｅ）の場合、アリゾナロードダストファインを感度基準粒子として感度維持管理された標準器（親器）を用い、粒径０．６μmのポリスチレンラテックス粒子で較正されたものである。これは、相対濃度計としての感度を揃えるための較正であって、どの粒子系にも使えるK値ではない。

また、相対濃度計（Ｐ－５型）の場合も同様で粒径０．３μmのステアリン酸粒子で較正されたものである。したがって、各測定対象作業環境における測定対象粒子系に対応するK値を求めなければならない。

K値の求め方は、下記に示すような併行測定を行って求める。しかし、坑内においては測定の簡易化をはかる目的で、代表単位作業場所を設定し、そこで得られたK値を一定のルールに則って求め、そのK値を用いる方法が認められている。

そのため、ここでは併行測定により求めたK値を用いる方法と、代表単位作業場所で得られたK値を用いる方法について詳述する。

2.1.1 実際の測定方法

（1）併行測定によるK値の求め方

質量濃度計と相対濃度計の採気口を並列に並べ、質量濃度計と相対濃度計の測定時間を連続した同じ時間ｔmin 測定を行う。

その測定で得られた質量濃度Cmg／m³と、測定で得られた相対濃度Ｒｔ　countを測定時間ｔmin で割って得られた相対濃度Ｒ（Ｒ＝Ｒｔ／ｔ、cpm）及びダークカウントＤ（cpm）を次式に代入してK値を求める。

ただし、ダークカウントＤ（cpm）は、各相対濃度計の検査表に記載されているので確認すること。また、ＬＤ－１Ｅは、ダークカウントＤ（cpm）のない相対濃度計である。

$$K = C / (R - D)$$

ただし、　Ｋ：質量濃度変換係数
Ｃ：質量濃度　（mg／m³）
Ｒ：相対濃度　（ｃｐｍ）
Ｄ：ダークカウント　（ｃｐｍ）

（２）測定例

併行測定でＫ値を求める場合、２台のデジタル粉じん計と１台の質量濃度計を用いる場合（以下、ケース１とする)、及び１台のデジタル粉じん計と１台の質量濃度計を用いる場合（以下、ケース２とする）とがある。

１）ケース１の場合

１台のデジタル粉じん計を併行測定用にだけ用い、もう１台のデジタル粉じん計を併行測定をしている時間帯に単位作業場所での濃度測定に用いる（Ａ測定の基本型測定法)。その際注意することは、２台のデジタル粉じん計の器差等を正確に把握しておく必要がある。

【例】

測定対象単位作業場所での併行測定により、デジタル粉じん計№.２の濃度がデジタル粉じん計№.１の１．０５倍であるとし、デジタル粉じん計№.１で併行測定を、デジタル粉じん計№.２でＡ測定を行ったものとする。併行測定の結果は、６０分間の採気による質量濃度Ｃが２．２㎎／㎥で、デジタル粉じん計№.１の６０分間の計数値Ｒｔが5,220count であったとする。デジタル粉じん計№.１の１分間当たりの相対濃度Ｒは、5,220／60＝87ｃｐｍ、かつ、ダークカウントを３ｃｐｍとすると、Ｒ＝８４ｃｐｍであるから、デジタル粉じん計№.２のカウント数は、１．０５×８４＝８８ｃｐｍとなる。

したがって、Ａ測定に用いたデジタル粉じん計№.２のＫ値は、

２．２　（㎎／㎥）／　８８　（ｃｐｍ）＝０．０２５

となり、当該単位作業場所において得られたデジタル粉じん計№.２の相対濃度Ｒ（ダークカウントを差し引いたもの、ｃｐｍ）に０．０２５を乗じた値が質量濃度となる。

２）　ケース２の場合

１台のデジタル粉じん計で併行測定及びＡ測定等を行う方式で、この場合の併行測定には、次のような２種類の方法がある。

①測定と併行測定を同じ時間帯に行う方法（Ａ測定の応用型測定法）

質量濃度計１台と相対濃度計１台とで、測定時間中に併行測定と等時間間隔で測定点の測定を同時に行い、Ｋ値を求める方法である。単位作業場所のＫ値は、測定時間中に等時間間隔で測定点の測定を行っている間の時間（一つの測定点での測定が終わり、次の測定点で測定を開始するまでの間の時間）に質量濃度計と併行測定を行い求める方法である。そのため、Ｋ値を求めるための相対濃度Ｒ（ｃｐｍ）は、次式より求める。

$$R = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \cdots + A_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \cdots + t_n}$$

ただし、

R　：K値を求めるための相対濃度　（ｃｐｍ）

A_n：各測定点間に行う併行測定時間ｔminにおけるカウント数　(count)

t_n：各測定点間に行う併行測定時間　(min)

【例】

１０測定点が設定された単位作業場所で、粉じん濃度測定を行った。６０分間の採気による質量濃度Ｃが１．４mg／m³である。デジタル粉じん計による各測定点間における併行測定時間は５分間である。各測定点間の併行測定時間における相対濃度（count）は、

A_1＝280、A_2＝310、A_3＝320、A_4＝290、A_5 ＝310

A_6＝270、A_7＝300、A_8＝310、A_9＝300、A_{10}＝310

であった。

また、各測定点間における併行測定時間ｔminは、ｔ＝５min×１０点＝５０minである。

この測定結果を式２．２に代入し、１分間当たりの相対濃度Ｒ（ｃｐｍ）を求める。

Ｒ＝（280+310+320+290+310+270+300+310+300+310）／５０

＝３，０００／５０＝６０（ｃｐｍ）

１分間当たりの相対濃度Ｒは、６０ｃｐｍである。いまダークカウントＤを３ｃｐｍとすると、Ｋ値は、

Ｋ＝Ｃ／（Ｒ－Ｄ）＝１．４／（６０－３）＝０．０２５となる。

このようなＫ値の得られた単位作業場所で、デジタル粉じん計を用いる場合は、当該作業場所において得られた相対濃度（ダークカウントを差し引いたもの、ｃｐｍ）の値に０．０２５を乗じた値が質量濃度（mg／m³）である。

② 測定の後に併行測定を行う方法

通常のＡ測定が終了後、その単位作業場で併行測定を所定時間行う方法である。この方法の場合、Ａ測定を行った作業状況と併行測定を行った作業状況が、ほぼ同じ作業環境状況であるという前提のもとに行う方法であるので、この前提が崩れるような、つまりＡ測定の幾何標準偏差が大きな値を示すような場合には、この方法は避けることが望ましい。

【例】

相対濃度計によるＡ測定終了後、その単位作業場所で併行測定を６０分間行った。併行測定を行う６０分間の採気による質量濃度Ｃが２．１mg／m³で、デジタル粉じん計の６０分間の計数値Ｒｔが5,220 countであった場合、１分間当たりの相対濃度Ｒ　ｃｐｍは、5,220／60＝87　ｃｐｍである。ダークカウントＤを３ｃｐｍとすると、Ｒ＝８７－３＝８

４ｃｐｍとなり、K値は、

Ｋ＝２．１／８４＝０．０２５となる。

このようなK値の得られた単位作業場所で、デジタル粉じん計を用いる場合は、当該作業場所において得られた相対濃度（ダークカウントを差し引いたもの、ｃｐｍ）の値に０．０２５を乗じた値が質量濃度（mg／m^3）である。

2.1.2 代表単位作業場よりＫ値を求める方法

この方法は、簡易型測定法（坑内粉じん測定）の時のみに用いられる方法である。代表作業場を２作業場以上選定し、２日間測定を行い４つ以上のＫ値（K_1、K_2、K_3、K_4）を求める。

求めたK値について、図２―１に示すような手順で簡易型測定法のためのK値を求める。

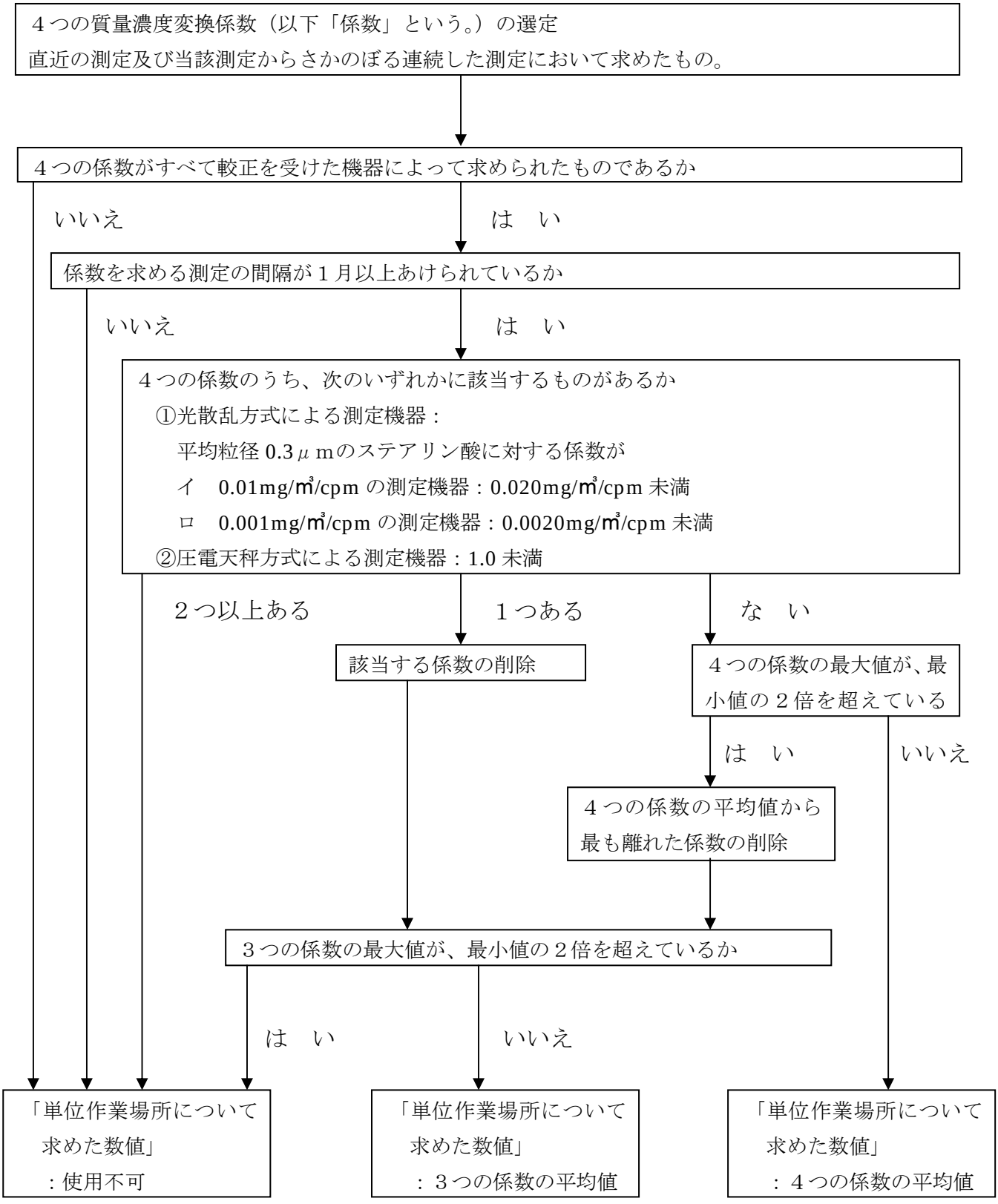


図２－１簡易型測定法のためのＫ値の求め方

2.2　相対濃度からの幾何平均値及び幾何標準偏差の求め方

Ａ測定による作業環境測定結果から、相対濃度の幾何平均値（Ｍ：２日間測定の幾何平均値、M_1 及びM_2 ：１日目及び２日目の幾何平均値；ｃｐｍ）及び幾何標準偏差（σ：２日間測定の幾何標準偏差、σ_1及びσ_2:１日目及び２日目の幾何標準偏差）は、以下の方法により求める。

2.2.1　相対濃度からの幾何平均値の求め方

一般に、相対濃度から幾何平均値を求める場合は、併行測定を行いＫ値を求め、求めたＫ値を相対濃度計で求めた相対濃度の幾何平均値M_1（ｃｐｍ）に乗じて質量濃度（㎎／㎥）を求める。

（１）２日間測定の場合

第１日目の測定値をC_{11}(cpm)、C_{12}(cpm)、・・・・C_{1n}(cpm)とし、それぞれの対数x_{11}、x_{12}、・・・・x_{1n}を求める。

$$x_{11}=\log C_{11},\quad x_{12}=\log C_{12},\quad \cdots\cdots,\quad x_{1n}=\log C_{1n}$$

第１日目の幾何平均値M_1を次式より求める。ただし、第１日目の質量変換係数はK_1である。

$$\overline{x}_1=\frac{1}{n}(x_{11}+x_{12}+\cdots\cdots+x_{1n})$$

$$m_1=10^{\overline{x}_1}\ (\text{ｃｐｍ})$$

$$M_1=m_1\times K_1\ (\text{㎎／㎥})$$

第２日目の測定値をC_{21}(cpm)、C_{22}(cpm)、・・・・C_{2n}(cpm)とし、第１日目と同様にして第２日目の幾何平均値（M_2）を次式により求める。ただし、第２日目の質量濃度変換係数はK_2である。

$$\overline{x}_2=\frac{1}{n}(x_{21}+x_{22}+\cdots\cdots+x_{2n})$$

$$m_2=10^{\overline{x}_2}\ (\text{ｃｐｍ})$$

$$M_2=m_2\times K_2\ (\text{㎎／㎥})$$

M_1とM_2より２日間測定に対する幾何平均値Ｍを次式により求める。

$$\overline{x}=(\log M_1+\log M_2)/2$$

$$M=10^{\overline{x}}\ (\text{㎎／㎥})$$

（２）１日測定の場合

１日だけの測定の場合は、１日だけの測定結果を２日間測定結果の１日目の場合と同様な操作を行い、$M=M_1$として扱う。

2.2.2 相対濃度からの幾何標準偏差の求め方

相対濃度からの幾何標準偏差の求め方は、第１日目のK_1値や、第２日目のK_2値に関係なく、質量濃度で求めた方法と同様である。

（１）２日間測定の場合

第１日目の測定値から幾何標準偏差（σ_1）を次式により求める。

$$\log \sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left(\Sigma x_{1i}^2 - n \cdot \overline{x}_1^2\right)}$$

第２日目の測定値から幾何標準偏差（σ_2）を次式により求める。

$$\log \sigma_2 = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left(\Sigma x_{2i}^2 - n \cdot \overline{x}_2^2\right)}$$

$\log \sigma_1$と$\log \sigma_2$より２日間測定に対する幾何標準偏差（σ）は、次式のように表される。

$$\log \sigma = \sqrt{\frac{\log^2 \sigma_1 + \log^2 \sigma_2}{2} + \log^2 \sigma_D}$$

ただし、$\log^2 \sigma_D$は日間変動であり、次式により求める。

$$\log^2 \sigma_D = \frac{1}{2}\left(\log M_1 - \log M_2\right)^2$$

（２）１日測定の場合

１日だけの測定の場合も、１日だけの測定結果を２日間測定結果の１日目の場合と同様な操作を行い、σ_1を求める。求めた幾何標準偏差σ_1を、次式に代入して幾何標準偏差σを求める。

$$\log \sigma = \sqrt{\log^2 \sigma_1 + 0.084}$$

３．測定結果からの評価法

3.1 評価法の概要

作業環境測定結果より作業環境を評価する場合、２つの評価値によって、三つの管理区分に分類して評価する。

１）Ａ測定に係る管理水準

①　第１評価値（E_1）

$$\log E_1 = \log M + 1.645 \log \sigma$$

②　第２評価値（E_2）

$$\log E_2 = \log M + 1.151 \log^2 \sigma$$

２）Ｂ測定に係る管理水準

①　第１評価値

管理濃度（Ｅ）と同一の値を第１評価値とし、次式で表す。

$$C_{B1} = E$$

ただし、C_{B1}：Ｂ測定の測定値における第１評価値

②　第２評価値

管理濃度（Ｅ）の１．５倍の値を第２評価値とし、次式で表す。

$$C_{B2} = 1.5E$$

ただし、C_{B2}：Ｂ測定の測定値における第２評価値

3.2 管理区分について

管理区分は、２つの評価値により３つの管理区分（図３―１参照）に分けられている。各管理区分の概要は、下記のとおりである。

１）　第１管理区分

Ａ測定によって得られたすべての値が管理濃度未満であるならば、作業環境中の濃度管理は適切である。

つまり、そうした作業場では決して管理濃度を上回る暴露濃度はあり得ないと考えられる。

第１管理区分

―――第１評価値（ＥＡ１）―――

第２管理区分

―――第２評価値（ＥＡ２）―――

第３管理区分

図３―１　管理区分

しかし、単位作業場所の中でいつ、どこでも有害物の濃度が決して管理濃度を超えることがないことを保障するような管理は極めて困難であり、現実的ではないという観点に立って、単位作業場所の中では、時間あるいは場所によって有害物の濃度が管理濃度を超えてしまうことが稀にあるかもしれないが、その確率が５％以下であるならば管理は適切であると考えて差し支えないというのがＡ測定の結果に対する第１評価値の基本的な考えである。

つまり、単位作業場所で作業者１００人が作業している場合、その１００人の作業者の内、５人以下の作業者が、管理濃度を超えた濃度に暴露するかもしれない濃度状態にあると評価された単位作業場所の状況が第１管理区分である。

Ｂ測定の第１評価値は管理濃度の値とされているが、Ｂ測定が単位作業場所の中で最も高いと考えられる濃度を測定しているので、その値が管理濃度を超えていなければ、その単位作業場所の中で１日の平均暴露濃度が管理濃度を超えることはないと予想されることから、測定結果が管理濃度以下であれば、その単位作業場所は、第１管理区分に相当すると評価される。

こうしたことから、第１管理区分はＡ測定の結果が第１評価値より良好であり、かつ、Ｂ測定が実施された場合には、その結果が第１評価値より良好な場合を言う。この区分の場合には、作業環境が適切であると判断される。

２）　第２管理区分

ある時刻に単位作業場所の作業環境中にある有害物の総量を単位作業場所の空気総量で割算した値の時間平均が管理濃度と等しい状態を第２評価値とした。

このような、総平均濃度と管理濃度が等しい状態では、その作業環境で作業する作業者のおよそ２分の１が管理濃度を超えるような暴露を受けることになる。

つまり、単位作業場所で作業者１００人が作業している場合、その１００人の作業者の内、５０人以下の作業者が、管理濃度を超えた濃度に暴露するかもしれない濃度状態にあると評価された単位作業場の状況が第２管理区分である。

また、Ｂ測定の第２評価値は、管理濃度の１．５倍になっている。

これは、現在の規制対象物質の内、暴露限界が天井値と時間荷重平均の両方で示されている物質において、天井値と時間荷重平均の比が「１．５対１」の近くに分布していることを根拠にして、単位作業場における１回

の平均暴露濃度が管理濃度の１．５倍の濃度を超えない濃度状況と評価できる単位作業場所を第２管理区分とした。第２管理区分の場合には、第１管理区分に比べて作業者が管理濃度を超えた濃度に暴露する確率が高いので、作業環境管理になお改善の余地があると判断される。

３）　第３管理区分

Ａ測定の測定結果から、第３管理区分と評価された単位作業場所は、単位作業場で作業者１００人が作業している場合、その１００人の作業者の内、５０人以上の作業者が、管理濃度を超えた濃度に暴露するかもしれない濃度状態にあると評価された単位作業場所である。

Ａ測定の結果が第２評価値より悪い場合、又はＢ測定が実施された場合で、その結果が第２評価値より悪い場合を言う。この区分の場合には、作業環境管理が適切でないと判断される。

3.3　管理区分の決定手順

管理濃度、管理水準等により管理区分を決定するためのフローシートを図３－１に示す。

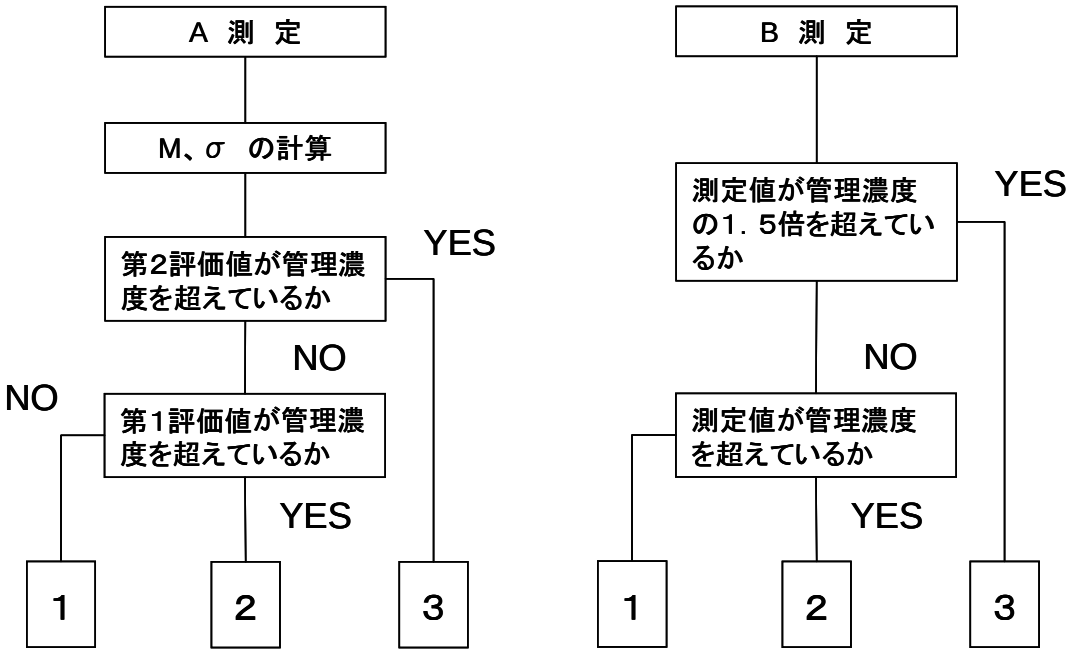


図３－１　作業環境測定結果に基づく評価のフローシート

図３－１に従って求めたＡ測定及びＢ測定の区分から、それぞれの管理区分を表３－１(1)及び表３－１(2)により決定する。

Ａ測定及びＢ測定の結果がＡ測定が２でＢ測定が１、Ａ測定が３でＢ測定が１、Ａ測定が３でＢ測定が２の場合は、Ａ測定とＢ測定の性質上多くの場合デザイン等に何らかの問題が存在する事が考えられるので、デザイン等について十分検討を行い、誤り等がある場合には再度測定を実施する必要がある。

表３－１(1)　管理区分の決定法

A　　測　　定		
第１評価値＜管理濃度	第２評価値≦管理濃度≦第１評価値	第２評価値＞管理濃度
第１管理区分	第２管理区分	第３管理区分

表３－１(2)　管理区分の決定法

		A　　測　　定		
		第１評価値＜管理濃度 ($E_1 < E$)	第２評価値≦管理濃度≦第１評価値 ($E_2 \leqq E \leqq E_1$)	第２評価値＞管理濃度 ($E_2 > E$)
B測定	B測定値＜管理濃度	第１管理区分	第２管理区分	第３管理区分
	管理濃度≦B測定値≦管理濃度×1.5	第２管理区分	第２管理区分	第３管理区分
	B測定値＞管理濃度×1.5	第３管理区分	第３管理区分	第３管理区分

3.4 管理濃度

作業環境での測定結果と管理水準の式により環境評価を行う場合は、測定作業環境中の有害物にあった管理濃度（Ｅ）を決めておかなければならない。

その管理濃度は、昭和６３年９月１６日付け基発第６０５号通達「作業環境評価基準の適用について」の中で下記のように定義されている。

「管理濃度は、作業環境管理を進める過程で、有害物質に関する作業環境の状態を評価するために、作業環境基準に従って単位作業場について実施した測定結果から、当該単位作業場の作業環境管理の良否を判断する際の、管理区分を決定するための指標である。」

つまり、管理濃度については次のように説明される。

① 管理濃度は、具体的には測定値を統計的に処理したものと対比すべきで、個々の測定値と直接対比することはできないものであること。

② 管理濃度は、個々の労働者の暴露濃度と対比することを前提として設定されている暴露限界（許容濃度、ＴＬＶ等）とは異なるものであること。

③ 管理濃度は、イ）暴露限界及び各国の暴露基準、ロ）作業環境管理技術の実用可能性、ハ）その他作業環境管理に関する国際的動向、等を考慮して、作業環境管理の目的に沿うよう「行政的見地」から設定したものであること。

労働安全衛生法においては、事業者に対し、職業上の暴露により、労働者に健康障害を生じさせるおそれのある物質のうち、有害性が高く、罰則付きの管理措置が必要なもの及び罰則付きの製造許可が必要なものについて、作業環境測定の実施を義務づけており、９２の物質が対象となっている。また、事業者に対し、作業環境測定の結果を作業環境評価基準に基づき評価することを義務づけており、その作業環境評価基準において、物質ごとに「管理濃度」を定めている。

平成１４年３月から厚生労働省において、この管理濃度のうち、日本産業衛生学会が勧告している許容濃度（暫定値及び過剰発がんリスクレベルに対応した評価値を含む。）又はＡＣＧＩＨ（米国産業衛生専門家会議）が提言している暴露限界（暫定値を含む。）の値と比較して管理濃度の値が高い３４物質等について専門家の参集を求め、管理濃度等検討会において見直しの検討が行われ、平成１６年３月に検討結果の報告がなされた。

粉じんに係る管理濃度については、これまで日本産業衛生学会（1982 年）の許容濃度を採用していた。その考え方は、次の通りである。

粉じんの許容濃度がMmg/m3 及び遊離けい酸含有率がＱ％であり、当該粉じんが許容濃度Ａのシリカ粉じんと許容濃度がＢの非シリカ粉じんとの混

合物であるとき、ＡＣＧＩＨの混合物に対する許容濃度の考え方を導入すると、以下のとおりとなりる。

$$\frac{\alpha \times M}{A} + \frac{(1-\alpha)M}{B} = 1 \qquad \alpha = Q/100$$

これを、Mについて解き、以下の式を得る。

$$M = \frac{B}{\frac{B-A}{A} \times \frac{Q}{100} + 1}$$

Q：遊離けい酸含有率

‥‥（式１）

次に、この式に石工等のじん肺発生率（Ｘ線２型）から求めた許容濃度Ａ及びＢの値を代入して以下の許容濃度を導出していた。

$$M = \frac{2.9}{0.22Q + 1}$$

Q：遊離けい酸含有率

この式の導出に用いられた許容濃度は、４０年間粉じん作業を伴う作業場で働いた労働者のうち、５％にＸ線所見２型のじん肺が認められるかもしれない吸入性粉じんに対する暴露濃度を許容濃度としたものであるが、粉じん暴露防止対策を徹底させるという観点から最近の文献等を参考に管理濃度の見直しが必要と考えられた。

今回の見直しにおいては、ＡＣＧＩＨ（1999 年）のシリカ粉じん及び非シリカ粉じんに対する暴露限界0.05mg/m^{3}及び3mg/m^{3}から、現行管理濃度（＝日本産業衛生学会の許容濃度）の考え方を踏まえ、（式１）のシリカ粉じんの許容濃度 A 及び非シリカ粉じんの許容濃度 B として、それぞれ、ACGIH のシリカ粉じんの暴露限界 0.05mg/m^3 及び非シリカ粉じんの暴露限界 3mg/m^3 を代入し、得られた以下の式を管理濃度とすることとされた。

$$E = \frac{3.0}{0.59Q + 1}$$

Q：遊離けい酸含有率

この報告を受けて厚生労働省では、作業環境評価基準の改正が行われた。

鉱山保安法においてもこの考え方を取り入れて、平成１７年３月に関係告示の改正を行ったところである。

3.5 測定結果の計算及び評価例

Ｆ鉱山坑内ＢＣ積替作業場における測定結果を例として、評価の計算過程を下記に示す。

１日目の測定結果　　M_1＝０．１３(mg／m³)、σ_1＝１．２９
２日目の測定結果　　M_2＝０．３８(mg／m³)、σ_2＝１．０８

以上のM_1 及びM_2 を下記のようにして、評価計算に用いるMを求める。

$\overline{X}$＝(log ０．１３＋log ０．３８)／２＝－０．６５３
M＝$10^{-0.653}$ ＝０．２２mg／m³

次に、σ_1及びσ_2、さらにM_1及びM_2を下記のようにして評価計算に用いるσを求める。

$$\log\ \sigma=\sqrt{\ \{\ (\log^2\ \sigma_1+\log^2\ \sigma_2)\ +(\log\ M_1-\log\ M_2)^2\ \}\ /\ 2}$$
$$=\sqrt{\ \{\ (\log^2 1.29+\log^2 1.08)\ +(\log 0.13-\log 0.38)^2\ \}\ /\ 2}$$
$$=\sqrt{\ 0.115\ }\ =０．３３９$$
$$\sigma=10^{0.339}\ =２．１８$$

この作業場における粉じん中の遊離けい酸含有率（Q）は、２．４％であった。
管理濃度（E）は、次式で求める。

$$E=３．０／（０．５９\times Q+１）$$
$$=３．０／（０．５９\times２．４+１）=３．０／２．４２$$
$$=１．２４\ \ mg／m^3$$

以上から、M＝０．２２、σ＝２．１８より第１及び第２評価値は次のようになる。

$\log E_1=\log M+１．６４５\log\ \sigma$
＝log ０．２２＋１．６４５log ２．１８＝－０．１０１
E_1 ＝$10^{-0.101}$ ＝０．７９

$\log E_2=\log M+１．１５１\log^2\ \sigma$
＝log ０．２２＋１．１５１log² ２．１８＝－０．５２６
E_2 ＝$10^{-0.526}$ ＝０．３０

以上の結果より、E＝１．２４、E_1＝０．７９、E_2＝０．３０を得る。

Ｅ、Ｅ$_1$及びＥ$_2$の比較から、

Ｅ（＝１．２４）＞ Ｅ$_1$（＝０．７９）

となり、測定対象作業場は第１管理区分と評価される。

（管理区分の決定は、「表３．１（１）管理区分の決定法」参照。）

3.6 評価からの対策

3.6.1 対　策

新たに防じん対策を講じる場合、まず、粉じんの一次発じん源の状態把握はもちろんのこと、二次発じん源からの汚染も考えられる作業場の場合は、その粉じんの状態も合わせて正確に把握することにより、その結果として環境改善、防じん対策のための問題点はおのずから明確になる。

そして、その把握の足掛かりとしては、正しい作業環境測定ということになる。また、得られた測定結果を作業環境の評価基準に従って評価することにより、現時点における作業環境の状態が、ほとんどの測定点で粉じん濃度が管理濃度を超えない状態（第１管理区分)、測定点の粉じん濃度の平均が管理濃度を超えない状態（第２管理区分)、測定点の粉じん濃度の平均が管理濃度を超える状態（第３管理区分）などの判断も可能となる。

仮に、作業場が測定結果から第３管理区分と評価されても、その評価がＡ測定だけの評価によるのか、Ｂ測定の評価によるのかによって、その改善対策の推進方法も異なってくる。

そこで、測定結果からの原因究明と改善対策のフローシートの一例を図３－２に示す。

つまり、Ａ測定の評価により第３管理区分になった場合において、幾何平均値と幾何標準偏差を比較して、幾何標準偏差が小さい場合は、全体に高濃度の粉じんが拡散していることを意味しているので、作業場全体としての粉じん濃度を低くするための対策を講じなければならない。逆に、幾何標準偏差が大きい場合は、単位作業場所の設定に誤りはないか、測定箇所で局所的な発生源等の幾何標準偏差を大きくする要因は何かを検討する必要がある。また、Ａ測定では第１管理区分であるが、Ｂ測定の結果より第３管理区分になった場合は、作業場全体ではなく比較的限定された局所部分及び特定時間での高濃度が予想されるので、作業内容、測定時間を正確に把握した上で、粉じんを多く発生している作業状況を改善する必要がある。

このように粉じん濃度測定は、改善を行うための方向付け及び改善を行わ

なければならない箇所の発見にも役立つ等、環境改善対策への有効な手段として活用することができる。ただ単に測定して管理区分を決定するために評価方法を用いるのではなく、評価方法より得た情報を基に、作業場の環境改善に役立てるような方法として用いることが大切である。

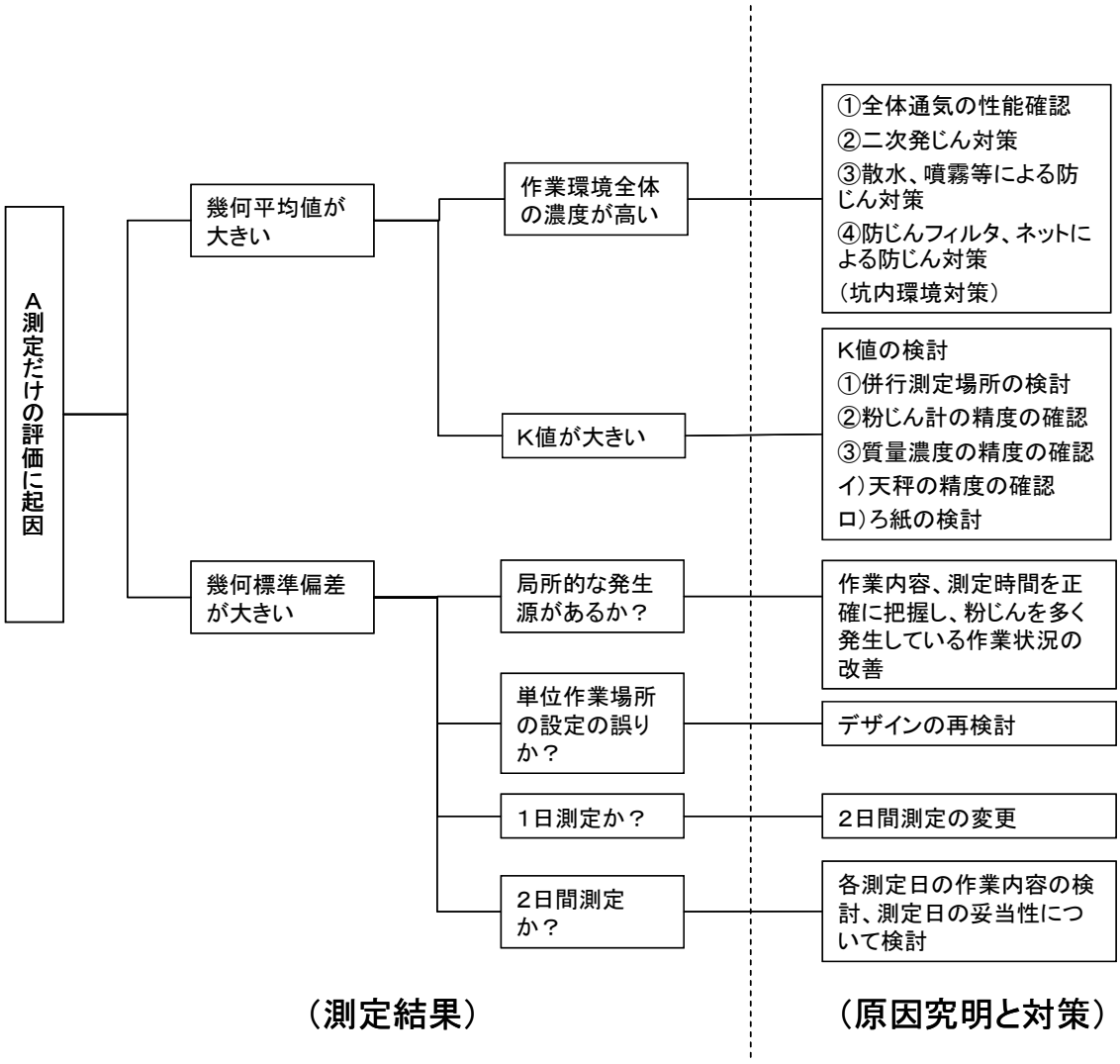


図３－２　　原因究明と改善対策フローシート

3.6.2　鉱業権者が行う措置

鉱業権者は、作業環境測定を実施した単位作業場所について法令に定める措置を講ずるほか、管理区分に応じて次の措置を講ずるものとする。

１）　第１管理区分における措置

当該単位作業場所の作業環境管理が適切であると判断されるので、この状態が維持されるよう現在の管理の継続的実施に努めるものとする。

２）　第２管理区分における措置

当該単位作業場所の作業環境管理に、なお改善の必要性があると判断される。このため、Ｂ測定実施箇所を含め、施設、作業方法等について環境を悪化させている要因の発見に努め、必要な対策を実施することにより第１管理区分へ移行するよう努めるものとする。また、Ｂ測定の結果が第１評価値より悪い場合には、当該Ｂ測定を行った箇所の作業環境を悪化させている要因を除去するための対策を実施するものとする。なお、これと併せて作業管理の強化に配慮することが必要である。

３）　第３管理区分における措置

当該単位作業場所の作業環境管理が適切でないと判断される。このため、坑外の屋内作業場については直ちに第１管理区分又は第２管理区分となるよう粉じん濃度を改善するための必要な措置を講じ、坑内作業場においても必要な措置を講じるよう努めるものとする。

なお、Ａ測定が第１評価値より良好である場合には、Ｂ測定実施箇所の施設、作業方法等について作業環境を悪化させている要因を除去するための措置を実施し、当該措置の効果の確認を行うとともに、作業管理の徹底及び必要に応じて健康管理の面から措置の強化を図るものとする。

①　原材料、施設、作業方法等について詳細な点検調査を行い、有害要因の発見に努め、作業方法の改善、現状対策のより確実な実施を推進し、可能であれば原材料の性状、製造方法の変更等も含めた総合的な作業環境管理対策を講ずること。

②　所要の作業環境管理対策を講じた後、当該単位作業場所について作業環境管理の測定等を実施することにより、当該対策の効果を確認する。

③　有害物質に暴露されることによる影響が特に大きいと考えられる場所における労働者については、呼吸用保護用具を着用させる等の措置を講ずるほか、作業管理の徹底及び必要なときは暴露に関する調査等を行い、必要に応じて健康管理を強化し、健康の確保に努めること。

上記についてのまとめを表３―２に示す。

表３―２　管理区分と管理区分に応じて講ずべき措置

管理区分	作業場所の状態	講ずべき措置
第１管理区分	当該単位作業場所の殆ど(95%以上)の場所で気中有害物質の濃度が管理濃度を超えない状態	現在の管理の継続的維持に努める
第２管理区分	当該単位作業場所の気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を超えない状態	施設、設備、作業工程又は作業方法の点検を行い、その結果に基づき、作業方法を改善するため必要な措置を講ずるよう努める
第３管理区分	当該単位作業場所の気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を超える状態	①　施設、設備、作業工程又は作業方法の点検を行い、その結果に基づき、作業環境を改善するため必要な措置を講ずる ②　呼吸用保護具の使用 ③　健康診断の実施その他労働者の健康の保持を図るため必要な措置を講ずる

４）改善目標値の設定

坑内作業場の場合は、

①形状が複雑かつ狭隘な作業場が多く存在するため集じん機・風管等の設置が難しい。

②入気は坑内において、様々な経路を通過して排気となるが、同一切羽内であっても一方で削孔作業を実施し、一方で充填作業を実施する場合など、同一通気系統上にいくつもの単位作業場所が存在するために下流の作業場への影響が避けられない。

③地熱による高温のために散水の効果が長時間維持できない。

④通気対策による自然発火のおそれがある。

⑤集じん機の吸い込み能力の限界による可燃性ガス滞留のおそれがある。

等の問題があることから、上記改善策を講じたとしても、必ずしも、管理区分の引き下げという著しい改善効果が得られない場合もありうる。

そのような場合においては、次善の策として、各種改善策の効果を確認するため、粉じん濃度等の目標値を掲げて、粉じん濃度の漸進的低減に取り組むべき努力が必要である。

この改善策の効果を確認するための粉じん濃度等の目標値については、諸外国の許容基準値のレベルを参考にするほか、一例として、厚生労働省の「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン（平成１２年１２

月２６日付け基発第７６８号の２)」において目標レベルとされている３㎎／m^3（この数値は、現在坑外の屋内作業場における測定結果の評価に使われている管理濃度とは異なり、換気の実施等の効果を確認するための空気中の粉じん濃度として定められており、遊離けい酸、健康影響等の概念は取り入れられていない。）も考えられる。

ここで言う目標値は、自らの作業環境をどう維持していくかという目標レベルであって、あくまでも自主的に定めるものである。

改善対策を進める過程において、通常の作業環境評価では常に第３管理区分としかならないために改善の効果を確認することが出来にくいが、濃度による目標を定めることによって改善の効果が段階的に現れていることを確認しつつ更に改善を進める事が可能となるので、この目標値を定めることは有効な手段であると考えられる。

この目標値の測定方法は、下記の方法により行うことが適当である。

１）測定位置

法定測定点の内で代表的な３点を選び出して測定を行う。

２）測定時間帯

空気中の粉じん濃度が最も高くなる粉じん作業について、当該作業が行われている時間に行う。

３）測定時間

一測定点における測定時間は、１０分以上の継続した時間とする。

４）測定方法

測定方法は質量濃度計又は相対濃度計により行う。

相対濃度計を使用した場合のＫ値については、当該作業場で測定された最新の値を使用するものとする。

3.6.3 粉じん防止対策

3.6.3.1 粉じん発生源の抑制手法

粉じん対策の基本は、発じんの防止と飛散・浮遊した粉じんの抑制であるが、これらの粉じんを完全に防止することは不可能である。発生した粉じんを発生源付近で捕促抑制して、極力拡散・浮遊させないように各鉱山の特性に合った抑制法が実施されるべきと考える。

以下に発じん源対策として、主な発じん箇所とその抑制法について述べる。

○ 掘進箇所

掘進坑道においては、削岩機で穿孔する場合に発じんが多い。我が国では、削岩機による穿孔には湿式削岩機の使用を義務付け発じん防止を図っているが、この発じん抑制効果は水圧、水量で大きく異なるため、その管理に留意する必要がある。

○ 積み込み・運搬、チップラ、クラッシャー箇所

車両系鉱山機械等による積み込み・運搬箇所、チップラによる鉱車の鉱石空け及びクラッシャーによる岩石破砕時には、発じん量が多いのでシャワー散水による抑制に加え、発じん箇所をフードで覆い集じん機を設置し風管等で吸引しサイクロンや濾材、散水によって除じんを行う。

○ 通気による抑制法

掘進箇所で粉じんを除去し新鮮な空気を送る方法として「吹込一吸出通気方式」がある。この方法については、「浮遊粉じんの抑制法」で述べることとする。

○ 石炭鉱山における採炭箇所

機械化採炭箇所においては、ドラムカッターによる切削時に最も発じん量が多い。これを防止するために切削時にドラムのビット先より散水を行うドラム内散水と、これを補うドラム外散水を実施する。この場合、ドラムの回転速度、回転方向、切削深さ及びビットの形状等も考慮して、設計する必要がある。

○　その他抑制方法

その他たい積粉じんの浮揚防止として、次の方法がある。

- 通気速度の調整
- 散水によるたい積粉じんの湿潤化
- 湿潤塩などによるたい積粉じんの固化（塩化カルシウム、塩化マグネシウムの散布等）
- たい積粉じんの除去

3.6.3.2　浮遊粉じんの抑制法

採掘切羽、掘進切羽等の作業環境中に浮遊した粉じんの抑制対策は、散水、噴霧等の水を用いた散水法及び風管等での入気を利用する通気法等が上げられる。

イ　散水による抑制法

水を用いた防じん対策は、もっとも簡単な方法として従来より実施されているが、散水方法の具体的な手法により粉じん抑制効果が異なる。すなわち散水には散水時の水の粒径によって散水、噴霧等に大きく分類され、それらを現場に適用するには少ない水量でより高い抑制効果が求められる。特に水の消費量が多くなると、坑道の排水処理の問題が生じ、更に作業者に支障をきたす等の不利益要因ともなる。

採掘、掘進切羽等で一旦作業環境中に浮遊した浮遊粉じんを抑制するためには、使用水量も少なくてすむ空気との２流体による噴霧法が効果的であり、それによって、可燃性ガスに対する安全性を増すとともに作業環境の正常化にもつながる。

噴霧器には種々の形式のものがあるが、過去の調査の結果、坑道断面及び風速等現場の特殊性に左右されることから、噴霧器の設置については、個数、配置、拡散距離、噴霧器の条件として水量、水圧、水滴径等の要素を考慮し、その選択が粉じん抑制に最も重要なものとなる。

ロ　通気による抑制法

掘進作業場のような主に切羽元で作業する場合、風管を通して作業者に新鮮な空気を送ることとなるが、風管より吹き込んだ空気は、切羽面に沿って風管とは反対側の側壁沿いに掘進作業場所の後方へと拡散して、切羽後方の作業者が粉じんに暴露する可能性がある。そこで、切羽面で発生した粉じんを含む空気を吹込風管と反対側に設置した吸出風管で吸引することによって、後方への粉じん拡散を防止する抑制法がいわゆる通気法である。通気法で粉じん抑制を行う場合、吹込風管と吸出風管との組み合わせがより良い防じん効果を期待できる。いずれにしても切羽断面に対してどの位置に吹込風管と吸出風管を取り付けると高い効果があがるのかは、各鉱山の現場の実情に合わせ把握する必要がある。

以上のように防じん方法については種々考えられるが、現場の作業条件によってもその効果は異なることから、適正な防じん技術は一つではない。各鉱山の特性を十分に把握した上で最適な抑制方法の選択が必要である。

参考資料

防じんマスク

粉じんを取扱う作業場においては、防じんマスクを着用しなくてもすむ作業環境作りが理想である。しかし、現実問題として防じん対策が遅れている作業場、防じん対策が行えない作業場等もあるので、そうした作業場で働く作業者は、粉じんから身を守るために防じんマスクの着用が必要となってくる。その時、防じんマスクの選定を誤ると、防じんマスクを着用しても結果として粉じんを吸引することになるので､防じんマスクの選定には慎重な配慮が望まれる。

ここでは、防じんマスクの選定方法、使用上及び保守管理上の留意点等について説明する。

１．防じんマスクの種類

呼吸系から入る有害物から人を守るための呼吸用保護具には、その用途に応じて様々な種類の呼吸用保護具がある。呼吸用保護具の種類を系統的にまとめて、その概略を図１－１に示す。

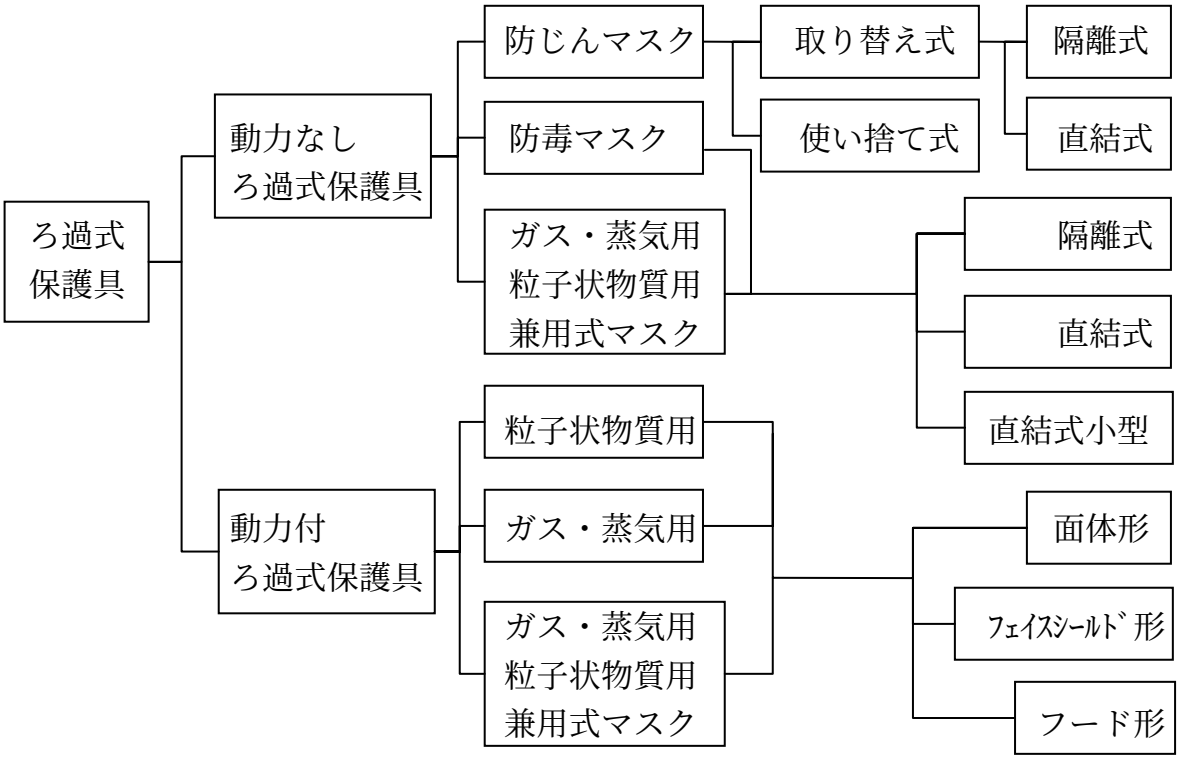


図１－１　呼吸用保護具の種類　　（酸素濃度１８％以上のみ有効）

図１－１より防じんマスクには、ろ過式保護具としての動力なしマスク（取り替え式、使い捨て式）及び電動ファン付マスクの３種類がある。一般的には、動力なしマスク（取り替え式、使い捨て式）の防じんマスクが多く使用されている。

防じんマスクの規格については、昭和６３年労働省告示１９号により規定されている。

平成１２年９月にこの規格の一部が改正され、これまでの規格では性能による区分は設けられていなかったものが、作業の態様、有害物の態様等に応じて選択使用出来るようにその性能によって区分が設けられた。

性能による区分が設けられたことに伴い、試験性能の向上を図るとともに試験方法の国際的な整合を図るため、オイルミストの捕集を想定していない防じんマスクについては、粒子捕集効率試験の試験粒子を石英から塩化ナトリウム粒子に変更するとともに、粉じんオイルミスト等を捕集する防じんマスクについては、試験粒子としてフタル酸ジオクチル粒子を用いることと等、粒子捕集効率試験の性能に係る試験の試験方法及び条件が設けられた。

粒子捕集効率試験については、一定量の試験粒子がろ過材に供給されるまでの間の捕集効率を測定することにより合否を判定することとし、粒子捕集効率試験の試験粒子の種類に応じて、粒子捕集効率試験の条件が、８０．０%以上、９５．０%以上、９９．９%以上の３つに区分された。また、吸気抵抗試験及び排気抵抗試験の条件についても、取り替え式又は使い捨て式の別及び規格の区分ごとに条件が定められた。

防じんマスクの種類

種　類	試験粒子がＮａＣｌの場合（ｵｲﾙﾐｽﾄを捕集しないもの)			試験粒子がＤＯＰの場合（ｵｲﾙﾐｽﾄを捕集するもの）		
取り替え式	ＲＳ１	ＲＳ２	ＲＳ３	ＲＬ１	ＲＬ２	ＲＬ３
使い捨て式	ＤＳ１	ＤＳ２	ＤＳ３	ＤＬ１	ＤＬ２	ＤＬ３
捕集効率	80%	95%	99.9%	80%	95%	99.9%

注）

粒子捕集効率で８０%以上（ＲＳ１，ＲＬ１，ＤＳ１，ＤＬ１）と言う規格は、従来の９５%以上と言う規格より低い値となっている。これはろ過材の捕集効率を評価する試験粒子及び試験流量が異なると捕集効率が異なるためである。

ろ過材に静電捕集型と機械捕集型の両者を使用して、従来の石英粒子による性能試験と新しい規格の性能試験を実施すると、従来、捕集効率９９%であっても、新しい試験方法では捕集

効率９０%以下と厳しい評価がなされることが分かっている。新しい規格ではろ過材にとって捕集し難い粒径をもって試験粒子の大きさとしているために、従来の規格より得られる捕集効率の値が低い。

現在、防じんマスクは溶接作業で使われていることも多く、この場合、溶接ヒュームから作業者の保護をするためには１μm以下の微少な試験粒子による防じん性能評価が必要である。逆に粉砕などで生じる１μm以上の大きな粒子には粒子捕集効率８０%以上のろ過材であっても十分な防じん性能がある。むしろ吸気抵抗の低い防じんマスクを確実に着用する方がじん肺予防の意味があると考えられる。

粉じん・作業の種類ごとに対応する防じんマスクの規格を以下に示す。

表　１　　防じんマスクの規格表

粉じん等の種類、作業	オイルミストが混在しない	オイルミストが混在する
○　安衛則第 592 条の 5 廃棄物の焼却施設に係る作業で、ダイオキシン類の粉じんの暴露のおそれのある作業において使用する防じんマスク ○　電離則第 38 条 放射性物質がこぼれたとき等による汚染のおそれがある区域内の作業又は緊急作業において使用する防じんマスク	ＲＳ３ ＲＬ３	ＲＬ３
○　鉛則第 58 条、特化則第 43 条及び粉じん則第 27 条 金属のヒューム(溶接ヒュームを含む。)を発散する場所における作業において使用する防じんマスク ○　鉛則第 58 条及び特化則第 43 条管理濃度が 0.1mg/m3 以下の物質の粉じんを発散する場所における作業において使用する防じんマスク	ＲＳ３　　ＲＳ２ ＲＬ３　　ＲＬ２ ＤＳ３　　ＤＳ２ ＤＬ３　　ＤＬ２	ＲＬ３　　ＲＬ２ ＤＬ３　　ＤＬ２
○　上記以外の粉じん作業	ＲＳ３　ＲＳ２　ＲＳ１ ＲＬ３　ＲＬ２　ＲＬ１ ＤＳ３　ＤＳ２　ＤＳ１ ＤＬ３　ＤＬ２　ＤＳ１	ＲＬ３　ＲＬ２　ＲＬ１ ＤＬ３　ＤＬ２　ＤＬ１

排気弁に関する試験については、排気弁の動的漏れ率試験を廃止し、作動気密試験を実施することとされた。

呼吸により面体内に滞留する二酸化炭素の上昇の程度を把握するため、新たに二酸化炭素濃度上昇値試験を実施することとされた。

マスクの説明書の表示には、「使用の範囲」として粒子捕集効率の区分に応じた適用範囲及び使用用途の記載、「着用者自身がその顔面と面体との密着性の良否を容易に確認する方法」としてはフィットチェッカーを用いる方法等が記載されている。

また、動力付きマスクとしては「電動ファン付き呼吸保護具」としてＪＩＳで規格されたもの（ＪＩＳ Ｔ ８１５７）が販売されており、近年小型軽量化も進んできている。防じんマスクは肺の力によってろ過材（フィルタ）を通過させた空気を吸う構造のために、マスク内が陰圧になり、マスクと顔の隙間があるとそこから漏れが生じることもあるが、電動ファン付き呼吸保護具ではファンにより送気することによりマスク内の陰圧状態を防ぎ漏れを防止することが期待される。

２．防じんマスク使用方法

防じんマスクの性能は、防じんマスクそのものの性能であって、作業者が防じんマスクを着用したときの防じんマスクの性能でないことはいうまでもない。

労働科学研究所の木村菊二博士は、市販の８種類の防じんマスクを約１００人の作業者に着用させ、顔との密着性の試験を行った結果を報告しているが、それによると「密着性の悪い箇所は、鼻梁の両側及び顎の部位であった。なお、女性は顔が小さいために顔に合わないという例が多かった。」更に、定量的な試験結果とを合わせて考えると、「防じんマスクの顔への密着性の良否は、顔の形状とマスクの顔面への接触部位の形状によって決まるものと考えられるが、顔の形状についてみると、顔の大きさ、鼻梁の高さ、顎の膨らみの形態などに関係が深いようである。」と述べている。

そのために、防じんマスクのメーカー各社は、構造が同じでも顔面への接触部分の形状が若干異なった防じんマスクも市販されており、そうした中からも顔面にあった防じんマスクを選択することが大切である。

また、密着性の試験によって顔に合った高性能の防じんマスクを選択しても、その防じんマスクの性能を十分に発揮することは期待できない。防じんマスクの性能は、適切な使用方法があってこそ、その性能を十分に発揮できるわけである。そのためには、防じんマスクの適切な着用、取扱方法等について作業者

教育を行わなければならない。
　さらに、防じんマスクを常に最良の状態で使用するためには、日常の保守管理が大切である。どんなに使用方法が適切であっても、保守管理が悪ければ、その防じんマスクが持つ性能は短時間で低下してしまうことは明らかである。
　事業者も、作業者も、防じんマスクの正しい選択、使用、保守管理方法について正しい技術と知識を習得し、それらの習得事項を日常の作業時及び作業終了時に、習慣として行うことができるようにすることが大切である。また、その習慣が、自らの手で粉じんから身を守る最良の方法の一つであるといえる。

　平成１７年２月７日付で厚生労働省労働基準局長より都道府県労働局長あてに出された「防じんマスクの選択、使用等について」（基発第 0207006 号）の中で、防じんマスクの選定、使用等に当たって留意することが、下記のように示されているので参考とされたい。

（１）　全体的な留意事項
　事業者は、防じんマスクの選択、使用等に当たって、次に掲げる事項について特に留意すること。
１）　事業者は、衛生管理者、作業主任者等の労働衛生に関する知識及び経験を有する者のうちから、各作業場ごとに防じんマスクを管理する保護具着用管理責任者を指名し、防じんマスクの適正な選択、着用及び取扱方法について必要な指導を行わせるとともに、防じんマスクの適正な保守管理に当たらせること。

２）　事業者は、作業に適した防じんマスクを選択し、防じんマスクを着用する労働者に対し、当該防じんマスクの取扱説明書、ガイドブック、パンフレット等(以下「取扱説明書等」という。)に基づき、防じんマスクの適正な装着方法、使用方法及び顔面と面体の密着性の確認方法について十分な教育や訓練を行うこと。

（２）　防じんマスクの選択に当たっての留意事項
　防じんマスクの選択に当たっては、次の事項に留意すること。
１）　防じんマスクは、機械等検定規則(昭和 47 年労働省令第 45 号)第 14 条の規定に基づき面体及びろ過材ごと(使い捨て式防じんマスクにあっては面体ごと)に付されている型式検定合格標章により型式検定合格品であることを確認すること。

2） 労働安全衛生規則(昭和 47 年労働省令第 32 号。以下「安衛則」という。)第 592 条の 5、鉛中毒予防規則(昭和 47 年労働省令第 37 号。以下「鉛則」という。)第 58 条、特定化学物質等障害予防規則(昭和 47 年労働省令第 39 号。以下「特化則」という。)第 43 条、電離放射線障害防止規則(昭和 47 年労働省令第 41 号。以下「電離則」という。)第 38 条及び粉じん障害防止規則(昭和 54 年労働省令第 18 号。以下「粉じん則」という。)第 27 条のほか労働安全衛生法令に定める呼吸用保護具のうち防じんマスクについては、粉じん等の種類及び作業内容に応じ、別紙の表（前記表１）に示す防じんマスクの規格第 1 条第 3 項に定める性能を有するものであること。

3) 次の事項について留意の上、防じんマスクの性能が記載されている取扱説明書等を参考に、それぞれの作業に適した防じんマスクを選ぶこと。

ア 粉じん等の種類及び作業内容の区分並びにオイルミスト等の混在の有無の区分のうち、複数の性能の防じんマスクを使用させることが可能な区分であっても、作業環境中の粉じん等の種類、作業内容、粉じん等の発散状況、作業時のばく露の危険性の程度等を考慮した上で、適切な区分の防じんマスクを選ぶこと。高濃度ばく露のおそれがあると認められるときは、できるだけ粉じん捕集効率が高く、かつ、排気弁の動的漏れ率が低いものを選ぶこと。さらに、顔面とマスクの面体の高い密着性が要求される有害性の高い物質を取り扱う作業については、取替え式の防じんマスクを選ぶこと。

イ 粉じん等の種類及び作業内容の区分並びにオイルミスト等の混在の有無の区分のうち、複数の性能の防じんマスクを使用させることが可能な区分については、作業内容、作業強度等を考慮し、防じんマスクの重量、吸気抵抗、排気抵抗等が当該作業に適したものを選ぶこと。具体的には、吸気抵抗及び排気抵抗が低いほど呼吸が楽にできることから、作業強度が強い場合にあっては、吸気抵抗及び排気抵抗ができるだけ低いものを選ぶこと。

ウ ろ過材を有効に使用することのできる時間は、作業環境中の粉じん等の種類、粒径、発散状況及び濃度に影響を受けるため、これらの要因を考慮して選択すること。

吸気抵抗上昇値が高いものほど目詰まりが早く、より短時間で息苦しくなることから、有効に使用することのできる時間は短くなること。

また、防じんマスクは一般に粉じん等を捕集するに従って吸気抵抗が高くなるが、RS1、RS2、RS3、DS1、DS2 又は DS3 の防じんマスクでは、オイルミスト等が堆積した場合に吸気抵抗が変化せずに急激に粒子捕集効率が低下するもの、また、RL1、RL2、RL3、DL1、DL2 又は DL3 の防じ

んマスクでも多量のオイルミスト等の堆積により粒子捕集効率が低下するものがあるので、吸気抵抗の上昇のみを使用限度の判断基準にしないこと。

4）　防じんマスクの顔面への密着性の確認

粒子捕集効率の高い防じんマスクであっても、着用者の顔面と防じんマスクの面体との密着が十分でなく漏れがあると、粉じんの吸入を防ぐ効果が低下するため、防じんマスクの面体は、着用者の顔面に合った形状及び寸法の接顔部を有するものを選択すること。特に、ろ過材の粒子捕集効率が高くなるほど、粉じんの吸入を防ぐ効果を上げるためには、密着性を確保する必要があること。そのため、以下の方法又はこれと同等以上の方法により、各着用者に顔面への密着性の良否を確認させること。

なお、大気中の粉じん、塩化ナトリウムエアロゾル、サッカリンエアロゾル等を用いて密着性の良否を確認する機器もあるので、これらを可能な限り利用し、良好な密着性を確保すること。

ア　取替え式防じんマスクの場合

作業時に着用する場合と同じように、防じんマスクを着用させる。なお、保護帽、保護眼鏡等の着用が必要な作業にあっては、保護帽、保護眼鏡等も同時に着用させる。その後、いずれかの方法により密着性を確認させること。

(ア)　陰圧法

防じんマスクの面体を顔面に押しつけないように、フィットチェッカー等を用いて吸気口をふさぐ。息を吸って、防じんマスクの面体と顔面との隙間から空気が面体内に漏れ込まず、面体が顔面に吸いつけられるかどうかを確認する。

(イ)　陽圧法

防じんマスクの面体を顔面に押しつけないように、フィットチェッカー等を用いて排気口をふさぐ。息を吐いて、空気が面体内から流出せず、面体内に呼気が滞留することによって面体が膨張するかどうかを確認する。

イ　使い捨て式防じんマスクの場合

使い捨て式防じんマスクの取扱説明書等に記載されている漏れ率のデータを参考とし、個々の着用者に合った大きさ、形状のものを選択すること。

（3）　防じんマスクの使用に当たっての留意事項

防じんマスクの使用に当たっては、次の事項に留意すること。

1）防じんマスクは、酸素濃度 18%未満の場所では使用してはならないこと。

このような場所では給気式呼吸用保護具を使用させること。
　また、防じんマスク(防臭の機能を有しているものを含む。)は、有害なガスが存在する場所においては使用させてはならないこと。このような場所では防毒マスク又は給気式呼吸用保護具を使用させること。

2）防じんマスクを適正に使用するため、防じんマスクを着用する前には、その都度、着用者に次の事項について点検を行わせること。
ア　吸気弁、面体、排気弁、しめひも等に破損、き裂又は著しい変形がないこと。
イ　吸気弁、排気弁及び弁座に粉じん等が付着していないこと。
　なお、排気弁に粉じん等が付着している場合には、相当の漏れ込みが考えられるので、陰圧法により密着性、排気弁の気密性等を十分に確認すること。
ウ　吸気弁及び排気弁が弁座に適切に固定され、排気弁の気密性が保たれていること。
エ　ろ過材が適切に取り付けられていること。
オ　ろ過材が破損したり、穴が開いていないこと。
カ　ろ過材から異臭が出ていないこと。
キ　予備の防じんマスク及びろ過材を用意していること。

3）防じんマスクを適正に使用させるため、顔面と面体の接顔部の位置、しめひもの位置及び締め方等を適切にさせること。また、しめひもについては、耳にかけることなく、後頭部において固定させること。

4）着用後、防じんマスクの内部への空気の漏れ込みがないことをフィットチェッカー等を用いて確認させること。
　なお、取替え式防じんマスクに係る密着性の確認方法は、上記 2 の(4)のアに記載したいずれかの方法によること。

5）次のような防じんマスクの着用は、粉じん等が面体の接顔部から面体内へ漏れ込むおそれがあるため、行わせないこと。
ア　タオル等を当てた上から防じんマスクを使用すること。
イ　面体の接顔部に「接顔メリヤス」等を使用すること。ただし、防じんマスクの着用により皮膚に湿しん等を起こすおそれがある場合で、かつ、面体と顔面との密着性が良好であるときは、この限りでないこと。
ウ　着用者のひげ、もみあげ、前髪等が面体の接顔部と顔面の間に入り込ん

だり、排気弁の作動を妨害するような状態で防じんマスクを使用すること。

6）防じんマスクの使用中に息苦しさを感じた場合には、ろ過材を交換すること。

なお、使い捨て式防じんマスクにあっては、当該マスクに表示されている使用限度時間に達した場合又は使用限度時間内であっても、息苦しさを感じたり、著しい型くずれを生じた場合には廃棄すること。

（4）　防じんマスクの保守管理上の留意事項

防じんマスクの保守管理に当たっては、次の事項に留意すること。

1）予備の防じんマスク、ろ過材その他の部品を常時備え付け、適時交換して使用できるようにすること。

2）防じんマスクを常に有効かつ清潔に保持するため、使用後は粉じん等及び湿気の少ない場所で、吸気弁、面体、排気弁、しめひも等の破損、き裂、変形等の状況及びろ過材の固定不良、破損等の状況を点検するとともに、防じんマスクの各部について次の方法により手入れを行うこと。ただし、取扱説明書等に特別な手入れ方法が記載されている場合は、その方法に従うこと。

ア　吸気弁、面体、排気弁、しめひも等については、乾燥した布片又は軽く水で湿らせた布片で、付着した粉じん、汗等を取り除くこと。

また、汚れの著しいときは、ろ過材を取り外した上で面体を中性洗剤等により水洗すること。

イ　ろ過材については、よく乾燥させ、ろ過材上に付着した粉じん等が飛散しない程度に軽くたたいて粉じん等を払い落すこと。

ただし、ひ素、クロム等の有害性が高い粉じん等に対して使用したろ過材については、1 回使用するごとに廃棄すること。

なお、ろ過材上に付着した粉じん等を圧搾空気等で吹き飛ばしたり、ろ過材を強くたたくなどの方法によるろ過材の手入れは、ろ過材を破損させるほか、粉じん等を再飛散させることとなるので行わないこと。

また、ろ過材には水洗して再使用できるものと、水洗すると性能が低下したり破損したりするものがあるので、取扱説明書等の記載内容を確認し、水洗が可能な旨の記載のあるもの以外は水洗してはならないこと。

ウ　取扱説明書等に記載されている防じんマスクの性能は、ろ過材が新品の場合のものであり、一度使用したろ過材を手入れして再使用(水洗して再使用することを含む。)する場合は、新品時より粒子捕集効率が低下していな

いこと及び吸気抵抗が上昇していないことを確認して使用すること。

3）次のいずれかに該当する場合には、防じんマスクの部品を交換し、又は防じんマスクを廃棄すること。

ア　ろ過材について、破損した場合、穴が開いた場合又は著しい変形を生じた場合

イ　吸気弁、面体、排気弁等について、破損、き裂若しくは著しい変形を生じた場合又は粘着性が認められた場合

ウ　しめひもについて、破損した場合又は弾性が失われ、伸縮不良の状態が認められた場合

エ　使い捨て式防じんマスクにあっては、使用限度時間に達した場合又は使用限度時間内であっても、作業に支障をきたすような息苦しさを感じたり著しい型くずれを生じた場合

4）点検後、直射日光の当たらない、湿気の少ない清潔な場所に専用の保管場所を設け、管理状況が容易に確認できるように保管すること。なお、保管に当たっては、積み重ね、折り曲げ等により面体、連結管、しめひも等について、き裂、変形等の異常を生じないようにすること。

5）使用済みのろ過材及び使い捨て式防じんマスクは、付着した粉じん等が再飛散しないように容器又は袋に詰めた状態で廃棄すること。